Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian : Teknik Tanah dan Air

Pengelolaan Tanah Pertanian



Kelas

XI

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

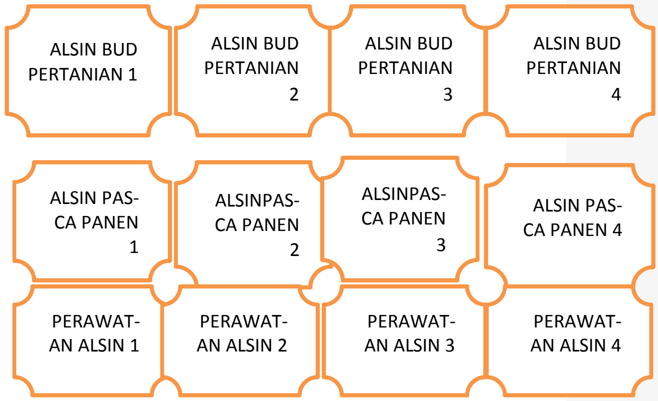
DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

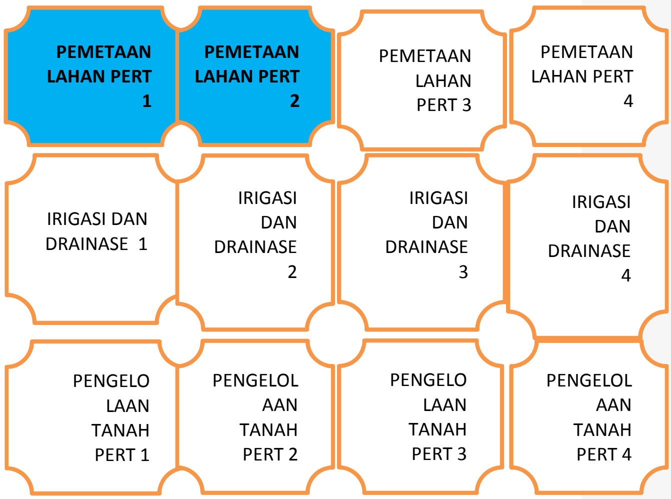
DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR





PAKET KEAHLIAN 2: TEKNIK TANAH DAN AIR



GLOSARIUM

Abiotik adalah lingkungan yang bersifat tidak hidup atau benda mati.

Accelerated erosion adalah jenus erosi yang dipercepat sebagai akibat campur tangan manusia.

Aerasi adalah kondisi tanah yang banyak mengandung udara.

Aerobik adalah hewan mikroorganisme yang membutuhkan udara untuk hidupnya.

Anaerobik adalah hewan mikroorganisme yang tidak membutuhkan udara untuk hidupnya.

Antagonisme yaitu adalah bentuk simbiosis atau hidup bersama dua makhluk yang saling merugikan.

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh tanaman untuk menangkal hama dan penyaakit.

Asidifikasi atau pengasaman adalah proses pelapukan batuan akibat pengaruh suasana asam.

Batu plutonik adalah batuan beku dalam yang proses pembekuan terjadi jauh di bawah tanah.

Batuan efusi adalah jenis batuan vulkanik yang berasal dari lelehan magma.

Batuan ekstrusi adalah batuan vulkanik atau lelehan, yang proses pembekuannya terjadi dipermukaan bumi.

Batuan intrusi atau batuan beku gang yaitu batuan yang pembekuannya terjadi pada lubang atau jalan keluar ke permukaan tanah.

Bench terrace atau teras bertangga adalah jenis teras yang dibangun berbentuk menyerupai tangga.

Biomasa adalah bahan kering yang dihasilkan oleh tanaman.

Biotik adalah lingkungan yang bersifat hidup.

Bioturbasi adalah aktivitas mikroorganime tanah yang mencampur tanah bagian bawah dengan bagian atas.

Coagulation adalah proses pembentukan struktur tanah yang diakibatkan oleh proses penggumpalan.

Contour strip cropping atau penanaman larikan menurut kontur adalah cara bercocok tanaman berupa susunan larikan menurut garis kontur.

Degredasi kualitas lahan adalah penurunan kualitas lahan.

Desilifikasi atau pengurangan kadar silikat (SiO_2) pada batuan akibat terangkutnya asam-asam silikat oleh air perkolasi.

Drainase adalah proses pembuangan kelebihan air dari dalam tanah.

Eflata adalah jenis batuan vulkanik yang keluarnya terlempar ke udara.

Enzim adalah zat yang dihasilkan untuk meningkatkan aktivitas organisme.

Erodibilitas adalah sifat tanah mudah tidaknya terkena erosi.

Erosivitas hujan adalah sifat hujan yang menyebabkan erosi.

Field capacity atau kapasitas lapang adalah kondisi air tanah, dimana semua air gravitasi telah hilang dan tidak ada lagi air menetes.

Fototrof Microbial adalah mikroorganisme yang memperoleh energi dari sinar matahari.

Geological erosion adalah jenis erosi yang disebabkan sifat geologi lahan.

Gully erosion atau erosi parit adalah jenis erosi dengan cara terbentuknya parit-parit yang lebar.

Herbivora adalah hewan pemakan tanaman.

Hidrolisis adalah proses penguraian pada batuan yang disebabkan oleh air.

Hormon adalah zat pemacu tumbuh yang dihasilkan oleh tanaman.

Humus adalah baham organik yang telah mengalami pelapukan lanjut.

Igneous rock adalah batuan yang terbentuk dari proses pembekuan magma cair.

Interception adalah bagian atau komponen hujan yang tidak pernah sampai ke tanah, atau diuapkan sebelum sampai ke tanah.

Kaolinit adalah jenis liat yang bertipe lempeng 1:1.

Karnivora adalah hewan pemangsa hewan-hewan kecil.

Kemotrof Microorganisme yaitu mikrobia yang memperoleh energi dari oksidasi senyawa anorganik.

Kompetitor adalah pesaing untuk mendapatkan makanan.

Konversi lahan adalah perubahan tata guna lahan.

Metabolisme adalah proses pemanfaatan bahan makanan oleh tumbuhan dan hewan dan manusia.

Metamorf rock atau batuan peralihan adalah jenis batuan beku atau batuan sedimen yang telah mengalami perubahan bentuk sebagai akibat adanya pengaruh perubahan suhu, tekanan, cairan atau gas aktif.

Metode by feel adalah metode atau cara penetapan tekstur tanah dengan menggunakan perasaan jari.

Metode hidrometer adalah salah satu cara menetapkan tekstur tanah dengan menggunakan alat hydrometer.

Mikrobia autotrofik adalah jenis mikrobia yang dapat menghasilkan dan mengolah makanan sendiri.

Mikrobia fotosintetik adalah jenis mikroorganisme yang dapat melakukan proses fotosintesa untuk menghasilkan makanan sendiri.

Mikrobia trasien adalah mikrobia yang keberadaannya di dalam tanah bersifat sebagai penetap sementara.

Montmorrilonit adalah jenis liat yang bertipe lempeng 2:1.

Mutualisme adalah bentuk simbiosis atau hidup bersama dua makhluk yang saling menguntungkan.

natural forces adalah tenaga alam yang membantu proses pembentukan tanah dan batuan.

Ped adalah agregat tanah yang terbentuk secara alami.

Pedogenesa adalah proses perubahan bahan induk menjadi profil tanah.

Permanent wilting point atau titik layu permanen adalah kondisi dimana tanaman mengalami kelayuan secara tetap.

Permeabilitas adalah proses masuknya air ke dalam profil tanah dalam keadaan jenuh air.

Plasmolisis adalah proses keluarnya air dari sel-sel tanaman.

Poreus adalah kondisi tanah yang banyak mengandung pori-pori.

Poreus adalah tanah yang banyak memiliki ruang pori.

Porositas adalah proporsi ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara.

Rill erosion atau erosi alur adalah jenis erosi yang terjadi yang diawali dengan pembentukan alur atau parit-parit kecil.

Rreboisasi adalah penghutanan kembali tanah-tanah yang terkena erosi.

Sedimentary rock atau batuan endapan yaitu batuan yang terbentuk dari proses penumpukan dan pemadatan endapan partikel yang terbawa oleh angin atau air di permukaan bumi.

Sedimentasi adalah pengendapan tanah hasil erosi di bagian yang rendah.

Sheet erosion atau erosi permukaan adalah jenis erosi yang terjadi dengan cara pengikisan permukaan tanah.

Soil conditioner adalah bahan kimia yang dipergunakan sebagai bahan stabilitas tanah.

Strip cropping atau penanaman tanaman dalam larikan adalah suatu sistem bercocok tanam dimana beberapa jenis tanaman ditanam dalam larikan yang berselang seling pada sebidang tanah dan disusun memotong lereng atau searah dengan garis kontur.

Subsoil adalah lapisan tanah bawah

Tanah gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari hasil dekomposisi bahan organik atau tanaman.

Tanaman alfalfa adalah sejenis tanaman leguminose yang dapat menambat nitrongen dan bersimbiosis dengan rihzobium.

Tanaman aromatik adalah jenis tanaman yang menghasilkan aroma atau wangi-wangian.

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif antara fraksi-fraksi pembentuk tanah (pasir, debu dan liat).

Toksin adalah zat racun yang dihasilkan oleh tanaman.

top soil adalah lapisan tanah dibagian atas.

Wanatani adalah system budidaya tanaman yang digabung dengan kegiatan dibidang kehutanan.

Zat aditif adalah zat yang dihasilkan oleh tanaman yang digunakan sebagai hasil tambahan.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Mata Pelajaran ~~irigasi dan drainase~~Pengelolaan Tanah Pertanian-1 ini disusun untuk membantu ~~siswa~~ peserta diklat dalam mempelajari dan melakukan ~~praktek~~ praktik tentang ~~Irigasi dan drainase~~ Pengelolaan Tanah Pertanian-1 sesuai kompetensi dasar yang diharapkan dalam kuriulum 2013 kelas XI. Buku ini merupakan salah satu dari 4 rangkaian buku untuk kelas XI dan XII yang memilih Paket Keahlian Teknik Tanah dan Air.

Buku Mata Pelajaran ~~Irigasi dan drainase~~ Pengelolaan Tanah Pertanian-1 terdiri dari ~~8~~ 4 ~~Kegiatan~~ kegiatan ~~Belajar~~ pembelajaran yang disusun secara runtut mengikuti struktur kompetensi dasar. Teknis pelaksanaan pembelajaran di ~~Sekolah~~sekolah, ~~Guru~~guru/peserta ~~Siswa~~ didik dapat menggabungkan Buku Mata Pelajaran ~~irigasi dan Drainase~~ Pengelolaan Tanah Pertanian 1 dan 2 ~~secara paralel selama setahun di Kelas X~~.

Pembahasan pada setiap k~~K~~egiatan ~~Belajar~~ pembelajaran dalam buku ini, terdiri dari: Tujuan Pembelajaran; Uraian Materi; Rangkuman; Tugas; Tes Formatif; Kunci jawaban; dan Lembar Kerja. Hal ini diharapkan dapat memupuk keingintahuan ~~siswa~~ peserta didik tentang topik yang akan dibahas, berpikir kritis. Dengan model pengorganisasian seperti ini, diharapkan ~~siswa~~ peserta didik mendapatkan kemudahan untuk melatih kompetensinya terkait dengan matapelajaran ~~Traktor Pertanian~~pengelolaan Tanah Pertanian.

Pada akhir buku ini delengkapi dengan Evaluasi Attitude Skills; Kognitif Skills; dan Psikomotorik Skills. Dengan cara ini, diharapkan pada diri peserta didik tumbuh kompetensi pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik sesuai dengan yang diharapkan dalam pembelajaran ~~irigasi dan drainase~~pengelolaan tanah pertanian.

~~B.~~

~~C.~~

~~D.~~

~~E.~~B. Prasyarat

Untuk mempelajari buku teks Pengelolaan Tanah Pertanian -1 ini tidak diperlukan prasyarat teknis tertentu. Namun akan lebih baik apabila Anda sudah memahami konsep kimia dan biologi.

~~F.~~

~~G.~~

~~H.~~

~~I.~~

~~J.~~

~~K.~~

~~L.~~C. Petunjuk Penggunaan

~~**A. Petunjuk Penggunaan**~~

1. Bacalah dan pahamilah buku teks ini secara berurutan dari Halaman Sampul ~~Halaman Sampul~~ sampai Lembar ~~Cek~~ Cek ~~kemampuan~~ Kemampuan ~~Awal~~Awal.
2. Setelah Anda mengisi Check ~~kemampuan~~Kemampuan Awal, ~~apakah~~ nilailah diri Anda sendiri, apakah Anda termasuk ~~katagori~~ kategori orang yang perlu mempelajari buku teks ini? Apabila Anda menjawab ~~YA~~tidak, maka pelajari buku teks ini.
3. Pelajari materi buku teks ini untuk setiap Kegiatan Pembelajaran, dari Deskripsi sampai sampai Refleksi. Untuk urutannya bisa dikonsultasikan dengan guru pembimbing. Apabila ada materi yang belum bisa dipahami, Anda bisa menanyakan kepada guru pembimbing.
4. Laksanakan semua tugas-tugas yang ada dalam buku teks ini agar kompetensi Anda berkembang.
5. Untuk meningkatkan kompetensi keterampilan, kerjakan Lembar Kerja. Perhatikan Keselamatan Kerja
6. Jawablah Tes Formatif

7. Ber<u>s</u>ama dengan guru pembimbing dan teman sejawat, lakukan penilaian kompetensi Anda.

~~M.~~
~~N.~~
~~O.~~

~~P.~~D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari kompetensi ini, diharapkan peserta didik mampu melaksanakan kegiatan ~~irigasi dan drainase~~pengelolaan tanah pertanian, bila disediakan~~:~~ sumber informasi, lahan praktek, alat dan bahan serta fasilitas ~~irigasi~~pengelolaan tanah ~~, implemen,~~ dan perangkat pendukung lainnya.

~~3. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar~~
~~Q.~~

~~R.~~E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

~~4.~~1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.

a. ~~1.1~~ Meyakini pengetahuan ~~irigasi dan drainase~~ pengelolaan tanah pertanian sebagai anugerah Tuhan harus dikuasai dan ~~dijaga keberadaannya dan~~ ilmunya dapat dimanfaatkan untuk kepentingan hajat hidup orang banyak.

~~5.~~2. Menghayati dan mengamalkan prilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam bertinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

~~1.1~~a. Menghayati sikap cermat dan teliti dalam memahami kegiatan dalam pembelajaran ~~irigasi dan drainase~~pengelolaan tanah pertanian.

Formatted: F
Formatted: F
Formatted: S
Formatted: F
Formatted: F
Formatted: H + Level: 1 + N Alignment: Le
Formatted: F
Formatted: F
Formatted: H cm, Numbered Start at: 1 + A at: 1,27 cm
Formatted: J cm, Space Aft Level: 1 + Nu Alignment: Le
Formatted: J ch, First line: Style: 1, 2, 3, 2,54 cm + Ind

~~1.2~~b. Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti langkah kerja sesuai dengan ~~pengoperasian alat ukur irigasi dan drainase~~ praktik pengelolaan tanah pertanian.

~~1.3~~c. Menghayati pentingnya kepedulian terhadap lingkungan melalui kegiatan yang berhubungan dengan pembelajaran ~~irigasi dan drainase~~ pengelolaan tanah pertanian.

~~a.~~d. Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggung jawab melakukan kegiatan dalam pembelajaran pengelolaan tanah pertanian~~irigasi dan drainase~~.

3. Memahami, menerapkan dan menjelaskan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan meta kognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan pros~~c~~edural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah;

a. Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian

b. Proses-proses yang Terjadi dalam Tanah

c. Erosi Lahan Pertanian

d. Siklus Unsur Hara Tanaman

~~6.~~

~~3.1 Menganalisis kepentingan irigasi dalam bidang pertanian~~

~~3.2 Menganalisi hubungan air, tanah dan tanaman~~

~~3.3 Menganalisis laju evapotranspirasi tanaman~~

~~3.4 Menganalisis sumber-sumber air irigasi~~

~~3.5 Menganalisis kebutuhan air irigasi~~

~~3.6 Menganalisis penjadwalan irigasi.~~

~~7.~~4. Mencoba, mengolah, merakit dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan kaidah keilmuan dan kejuruan di bawah pengawasan langsung.

~~3.1~~a. Menyimpulkan ~~kepentingan irigasi dalam bidang pertanian~~Peranan Tanah sebagai sumberdaya Alam di Bidang Pertanian

~~a.~~b. Menyimpulkan ~~hubungan Air, tanah dan tanaman~~ proses-proses yang Terjadi dalam Tanah

~~b.~~c. ~~Mengukur laju evapotranspirasi~~ Menganalisis Erosi Lahan Pertanian

~~c.~~d. ~~Menyimpulkan hasil analisis sumber-sumber air irigasi~~Menganalisis Unsur Hara Tanaman.

~~d. Mengukur kebutuhan air irigasi~~

~~e. Membuat Penjadwalan irigasi.~~

~~5.~~F. Cek Kemampuan Awal

No	Pertanyaan	Ya	Tidak
1	Apakah Anda sudah memahami ~~irigasi dan peranannya dalam~~ peranan tanah sebagai sumber daya alam di bidang pertanian ?		
2.	Apakah Anda ~~sudah memahami hubungan antara air tanah dan tanaman~~ dapat menganalisis proses-proses yang terjadi dalam tanah?		
3	Apakah Anda ~~sudah mampu menganalisa evapotranspirasi dan hubungannya dengan irigasi~~mampu menganalisis erosi tanah dan pengaruhnya terhadap pertanian ?		
4	Apakah Anda ~~sudah mampu menganalisis sumber-sumber air irigasi dan hubungannya dengan tanaman~~ dapat menganalisis ketersediaan unsur hara tanaman ?		
~~5~~	~~Apakah Anda sudah mampu mengukur kebutuhan air tanaman ?~~		

~~6~~	~~Apakah Anda sudah mampu membuat penjadwalan irigasi ?~~						

Formatted:

Formatted:

Formatted:

Apabila Anda menjawab "TIDAK" pada salah satu pertanyaan di atas, pelajarilah buku ini. Apabila Anda menjawab "YA" pada semua pertanyaan, maka lanjutkanlah dengan mengerjakan evaluasi yang ada pada buku ini.

Formatted: cm

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian (40 Jam pelajaran)

A. Deskripsi

Kegiatan Pembelajaran 1 tentang Peranan Tanah sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian berisikan 10 materi yang dibahas secara runtun, yaitu (1) Pengertian Tanah, (2) Tanah sebagai Habitat Organisme, (3) Komponen Tanah, (4) Tekstur Tanah, (5) Struktur Tanah, (6) Biologi Tanah, (7) Porositas Tanah, (8) Konsistensi Tanah, (9) Warna Tanah, (10) Suhu Tanah.

Setelah mempelajari uraian materi, peserta didik diminta untuk mencari informasi lain yang berkaitan dengan materi ini untuk menambah wawasan dan pengetahuan Anda, serta melaksanakan lembar kerja praktik agar peserta didik menjadi terampil. Pada akhir kegiatan pembelajaran, peserta didik diminta

untuk mengikuti evaluasi yang penilaiannya mencakup ranah kognitif, sikap dan keterampilan.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 1 tentang Peranan Tanah sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian diharapkan peserta didik mampu :

a. Menganalisis Pengertian Tanah sebagai Sumber Alam di Bidang Pertanian.
b. Menganalisis Tanah sebagai Habitat Organisme,
c. Menganalisis Komponen Tanah,
d. Menganalisis Tekstur Tanah,
e. Menganalisis Struktur Tanah,
f. Menganalisis Biologi Tanah,
g. Menganalisis Porositas Tanah,
h. Menganalisis Konsistensi Tanah,
i. Menganalisis Warna Tanah,
j. Menganalisis Suhu Tanah

2. Uraian Materi

2.1 Pendahuluan

Perhatikan Gambar 1.1 berikut! Gambar ini merupakan suatu kondisi tanah yang kering, gersang, tidak ada tanaman yang dapat tumbuh, sebagai akibat pengaruh erosi. Padahal kita tahu, bahwa di tanah manusia menanam tanaman untuk memenuhi kebutuhan baik pangan, sandang maupun perumahan. Dengan kata lain bisa dikatakan bahwa tanah merupakan sumberdaya alam yang sangat penting untuk memenuhi hajat hidup manusia di permukaan bumi.



Gambar 1.1 Kondisi tanah yang rusak akibat erosi

Gambar 1.1. di atas, menunjukkan kondisi tanah yang demikian parah sebagai akibat erosi. Apa yang bisa diharapkan dari kondisi tanah yang demikian? Padahal kita tahu bahwa tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi bidang pertanian, karena merupakan sumber kehidupan bagi manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Tanpa tanah manusia tidak akan dapat hidup, demikian juga dengan hewan dan tumbuh-tumbuhan. Manusia sebagai pemegang amanat untuk menjaga dan menyelamatkan tanah, sudah seharusnya memahami tanah beserta sifat-sifatnya, baik sifat fisik, kimiawi dan biologi tanah, agar manusia menjadi lebih arif untuk memanfaatkan tanah sebagai sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan hajat hidup manusia.

Tanah sebagai sumberdaya alam di bidang pertanian memiliki fungsi atau manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Tanpa sumberdaya alam tentunya manusia tidak dapat memenuhi berbagai kebutuhan dan aktivitasnya. Di sekitar kita terdapat tanah dengan berbagai jenis dan karakteristiknya. Benda yang setiap hari kita lihat dan kita injak tersebut memiliki manfaat yang beragam, dalam bidang pertanian tentu saja sumberdaya lahan digunakan sebagai media budidaya tanaman.

Sumberdaya lahan di Indonesia yang dimanfaatkan sebagai lahan produksi budidaya pertanian dapat di bagi menjadi 3 kategori, yaitu (1) budidaya tanaman pangan, (2) Budidaya tanaman perkebunan, (3) budidaya tanaman holtikultura yaitu tanaman buah, sayuran, hias, obat dan aromatik.

Tanah adalah salah suatu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Seperti kita ketahui rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia dan hewan hidup dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, tetapi sebagian besar dari makanan kita berasal dari permukaan tanah. Oleh sebab itu, sudah menjadi kewajiban kita menjaga kelestarian tanah sehingga tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini. Akan tetapi, sebagaimana halnya pencemaran air dan udara, pencemaran tanah pun sebagian besar akibat kegiatan manusia juga.

Meningkatnya kegiatan produksi biomasa (tanaman yang dihasilkan kegiatan pertanian, perkebunan dan hutan tanaman) yang memanfaatkan tanah yang tak terkendali dapat mengakibatkan kerusakan tanah untuk produksi biomassa, sehingga menurunkan mutu serta fungsi tanah yang pada akhirnya dapat mengancam kelangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Beberapa indikator yang memprihatinkan hasil evaluasi perkembangan kegiatan pertanian hingga saat ini, yaitu (1) tingkat produktivitas lahan menurun, (2) tingkat kesuburan lahan merosot, (3) konversi lahan pertanian semakin meningkat, (4) luas dan kualitas lahan kritis semakin meluas, (5) tingkat pencemaran dan kerusakan lingkungan pertanian meningkat, (6) daya dukung lingkungan merosot, (7) tingkat pengangguran di pedesaan meningkat, (8) daya beli petani berkurang, (9) penghasilan dan kesejahteraan keluarga petani menurun, (10) kesenjangan antar kelompok masyarakat meningkat.

b. Pengertian Tanah

Ada banyak pengertian atau definisi tentang tanah yang berkembang di masyara-kat yang tentunya definisi tersebut sangat beragam disesuaikan dengan kepen-tingan masing-masing. Tetapi definisi yang umum tentang tanah adalah sebagai berikut, yaitu *tanah adalah akumulasi tubuh alam*

bebas, berdimensi tiga, menduduki sebagian (besar) permukaan bumi, yang mampu menumbuhkan tanaman, dan memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim dan jasad hidup yang bertindak terhadap bahan induk pada kondisi topografi/relief tertentu dan selama waktu tertentu.

Dalam bidang pertanian, tanah diartikan lebih khusus yaitu sebagai *media tumbuhnya tanaman*. Tanah berasal dari hasil pelapukan batuan bercampur dengan sisa-sisa bahan organik dari organisme (vegetasi dan hewan) yang hidup di atasnya atau di dalamnya. Selain itu, di dalam tanah terdapat pula udara dan air. Air dalam tanah berasal dari air hujan yang ditahan oleh tanah sehingga tidak meresap ke tempat lain.

Dalam pengertian ini, ada dua variabel yang membedakan pengertian tanah di bidang pertanian dengan bidang lainnya, yaitu kedalaman tanah dan ukuran partikelnya. Kedalaman tanah dalam pengertian pertanian dibatasi pada bagian atas kulit bumi yang telah mengalami pelapukan atau adanya aktivitas biologi. Jika bagian yang telah mengalami pelapukan adalah dangkal, maka bagian tersebutlah dipakai sebagai batas kedalaman tanah. Sebaliknya, jika bagian yang telah mengalami pelapukan sangat dalam (4-6 m), maka tidak semua bahan lapuk tersebut disebut tanah, melainkan sampai kedalaman dimana terdapat aktivitas biologi. Pada umumnya, pembahasan tentang tanah dalam bidang pertanian dibatasi pada kedalaman sekitar 2,0 m. Kedalaman ini jauh berbeda dengan kedalaman tanah di bidang keteknikan yang dapat mencapai puluhan meter.

Berkaitan dengan ukuran partikelnya, para ahli pertanian membatasi tanah pada partikel berukuran (0,02 – 2 mm), dibandingkan dengan ahli keteknikan yang juga tertarik pada ukuran yang lebih besar dari 2 mm seperti kerikil bahkan batu, atau pakar bidang keramik yang hanya tertarik pada partikel yang berukuran 2 µm.

Jika kita membuat irisan tegak tanah dengan cara membuat lubang (1,0 x 1,5 m dengan kedalaman sekitar 2,0 m) dan selanjutnya diamati pada penampang tegaknya, akan terlihat lapisan-lapisan dengan arah sejajar permukaan kulit bumi yang relatif mudah dibedakan satu sama lainnya.

Lapisan-lapisan ini dalam ilmu tanah disebut horizon. Horizon tanah yang berada diatas bahan induk disebut solum.



Gambar 1.2. Lubang pengamatan profil tanah

Lapisan tanah bagian atas pada umumnya mengandung bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah dibawahnya. Karena akumulasi bahan organik, maka lapisan tanah tersebut berwarna gelap dan merupakan lapisan tanah yang subur sehingga merupakan bagian tanah yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Lapisan tanah ini disebut lapisan tanah atas (*top soil*) atau disebut pula sebagai **lapisan olah**, dan mempunyai kedalaman sekitar 20 cm. Lapisan tanah dibawahnya disebut lapisan tanah bawah (*subsoil*) berwarna lebih terang dan bersifat relatif kurang subur. Hal ini bukan berarti bahwa lapisan tanah bawah tidak penting perannya bagi produktivitas tanah, karena walaupun mungkin akar tanaman tidak dapat mencapai lapisan tanah bawah, tetapi sifat-sifat tanah seperti permeabilitas dan sifat-sifat kimia lapisan tanah bawah akan sangat berpengaruh terhadap lapisan tanah atas dalam peranannya sebagai media tumbuh tanaman.

Ada beberapa pertanyaan yang muncul bagi orang yang baru mempelajari tentang tanah, yaitu tanah itu terbentuk dari apa? atau faktor-faktor apa

saja yang mempengaruhi pembentukan tanah dan bagaimana prosesnya. Beberapa faktor alamiah menunjukkan bahwa tanah merupakan bagian dari kulit bumi yang mengalami proses pelapukan fisik dan kimia dalam waktu yang sangat panjang. Proses-proses fisika dan kimia yang beragam dari setiap lokasi, menampakkan kondisi lingkungan tanah yang beraneka ragam, seperti keadaan geomorfologi wilayah serta kondisi geologi dari bagian litosfer yang berada di atas permukaan air.

Perbedaan posisi bumi terhadap matahari secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah yang dihasilkan. Berdasarkan letak bumi terhadap matahari, maka bumi dibagi menjadi 4 zona iklim yaitu, tropis, sub tropis, dingin dan kutub. Ke-empat zona iklim tersebut akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap proses pelapukan dan pembentukan tanah.

Walaupun tanah bagian dari kulit bumi, namun proses dan dinamika terbentuknya hanya berlangsung pada bagian atas yang mendapat pengaruh luar seperti penyinaran, udara, maupun air, suatu kondisi yang memungkinkan kelanjutan kehidupan berlangsung.

c. Tanah Sebagai Tempat Hidup Organisme

Kehidupan organisme, termasuk manusia di permukaan bumi sangat tergantung pada tanah, yang merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting. Tanah merupakan media utama dimana manusia dapat mendapatkan bahan pangan, sandang dan papan, bahan tambang dan tempat melaksanakan berbagai aktivitas.

Demikian juga halnya tanah pertanian, tanah pertanian yang baik, subur dan dapat memenuhi kebutuhan manusia sangat ditentukan oleh sejauhmana manusia bisa memahami tanah dengan sifat-sifatnya, dan memberi perhatian kepada tanah melalui aktivitas pengelolaan tanah.

Tanah secara umum didefinisikan sebagai tubuh alam (*natural body*) yang terbentuk dan berkembang sebagai akibat bekerja gaya-gaya alam (*natural forces*) terhadap bahan alam (*natural material*) dipermukaan bumi. Tanah sebagai tubuh alam, dengan pengaruh gaya-gaya alam yang bekerja, akan mengalami proses perkembangan dan diferensiasi

membentuk lapisan tanah (*horizon*) baik mineral maupun organik dengan sifat-sifat yang beragam, tergantung pada bahan atau material yang membentuknya.

Berdasarkan hal di atas ada beberapa hal menjadi catatan, yaitu:

- Tanah terbentuk dan berkembang dari proses alami.
- Adanya perbedaan profil tanah membentuk lapisan tanah.
- Adanya perbedaan yang menyolok antara sifat-sifat bahan induk dengan lapisan tanah yang terbentuk, terutama dalam hal sifat kimia, fisika dan biologis.

Tanah sebagai media tumbuh tanaman didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran tanaman, tegak tumbuhnya tanaman dan penyuplai kebutuhan hara, air dan udara.

Jika dilihat dari sifat kimiawi, maka tanah berfungsi sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi tanaman baik berupa senyawa organik, anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial seperti N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, CI, dan lain-lain.

Secara biologis tanah berfungsi sebagai habitat organisme yang berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat pemacu tumbuh (*aditif*) bagi tanaman, yang secara terpadu mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomassa dan produksi tanaman pangan, obat-obatan, industri perkebunan, kehutanan dan lain-lain.

Sebagai media tumbuh, tanah mempunyai empat fungsi utama, yaitu ;

1. Tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran tanaman yang mempunyai dua peran utama, yaitu penyokong tegaknya batang tanaman dan penyerap zat-zat atau unsur hara yang dibutuhkan.
2. Penyedia kebutuhan hidup tanaman untuk melaksanakan aktivitas metabolis-me, baik selama pertumbuhan maupun untuk berproduksi yang meliputi air, udara dan unsur-unsur hara.
3. Penyedia kebutuhan sekunder tanaman yang berfungsi dalam menunjang aktivitasnya agar dapat tumbuh optimum meliputi zat-zat

aditif yang diproduksi oleh organisme terutama mikroflora tanah seperti;

- zat-zat pemacu tumbuh (hormon, vitamin dan asam-asam organik tertentu).
- antibiotik dan toksin yang berfungsi sebagai anti hama dan - penyakit tanaman di dalam tanah.
- senyawa-senyawa atau enzim yang berfungsi dalam penyediaan kebutuhan unsur primer atau transformasi zat-zat toksik seperti pestisida dan limbah.

4. Habitat makhluk hidup tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung atau tidak langsung dalam penyediaan kebutuhan primer dan sekunder, maupun yang berdampak negatif karena merupakan hama dan penyakit tanaman.

Meskipun akhir-akhir ini teknologi sudah berkembang, termasuk teknologi budidaya tanaman, misalnya penggunaan sistem budidaya tanaman secara hidroponik, dimana dengan sistem ini sebagai media pertumbuhannya, tanaman tidak memerlukan tanah, tetapi berupa larutan unsur hara, dan agar tanaman berdiri tegak dibantu dengan penopang. Tetapi cara ini sangat mahal dan memerlukan pengetahuan atau hal-hal yang rumit, dan masih banyak kelemahan.

Seringkali kita mengartikan tanah (*soil*) dan lahan (*land*) sebagai dua hal yang sama. Namun, pada dasarnya keduanya sangatlah berbeda. Jika membicarakan tentang tanah, maka yang akan dibahas adalah bahan penyusun tanah, sifat-sifat tanah baik fisik, kimia dan biologi. Pembahasan tentang tanah akan mengarahkan kita pada pengertian suatu bagian permukaan bumi yang sifatnya beragam dari satu tempat ke tempat lain.

Lain halnya dengan pengertian lahan yang sifatnya lebih luas karena menyangkut berbagai faktor termasuk tanah. Jika membicarakan tentang lahan akan lebih mengarahkan kita pada sesuatu yang menyangkut tempat yang berarti akan membicarakan tentang iklim, vegetasi,

organisme termasuk manusia serta aspek pengelolaan lahan yang diterapkan.

Selanjutnya tanah dapat diartikan sebagai tubuh alami yang terdiri atas bahan mineral, bahan organik, udara dan air yang terbentuk dari pelapukan bahan induk yang dipengaruhi aktivitas organisme hidup pada topografi dan iklim tertentu dalam kurun waktu yang cukup lama. Bagaimana halnya dengan fungsi tanah atau lahan? Berikut penjelasan mengenai fungsi tanah.

Tanah berperan sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya tanaman. Akar tanaman berjangkar pada tanah sehingga dapat berdiri dan tumbuh dengan baik. Tanah mampu menyediakan air dan berbagai unsur hara baik makro maupun mikro. Disamping itu, tanah juga mampu menyediakan oksigen (O_2) bagi pertumbuhan tanaman melalui sistem aerasi tanah. Tanah sebagai tempat menopang berdirinya tanaman, maka akar tanaman harus berkembang baik dalam tanah agar dapat menjamin berdirinya tanaman. Jika kondisi drainase tanah terhambat, akar hanya berkembang pada lapisan atas yang aerasinya baik. Dengan perakaran yang dangkal, tanaman akan mudah rebah.

Tanah juga berperan sebagai tempat hidup organisme hidup termasuk mikro dan makro organisme tanah. Selain itu, juga berperan sebagai tempat hidup berbagai vegetasi yang hidup diatasnya.

d. Komponen Tanah

Tanah adalah suatu sistem yang komplek yang tersusun atas 4 komponen, yaitu mineral, bahan organik, udara dan air. Bahan mineral terdapat dalam berbagai bentuk dan ukuran, yang terdiri dari pecahan batuan, mineral dan berbagai senyawa hasil pelapukan batuan. Bahan organik terdiri dari sisa-sisa tanaman, hewan dan jasad makro dan mikro yang hidup dalam tanah dan yang telah mati dan mengalami pembusukan. Bagian air tanah yang mengisi sebagian atau seluruh pori-pori yang terdapat diantara butir-butir tanah, merupakan larutan dari berbagai jenis garam dan senyawa-senyawa yang larut dalam air. Bagian udara tanah merupakan

campuran udara dalam tanah yang mengisi pori-pori butir tanah yang tidak ditempati oleh air. Perpaduan ke empat komponen penyusun tanah tersebut akan membentuk sifat fisik tanah yang khas. Beberapa sifat fisik tanah yang penting untuk dipelajari antara lain, tekstur, struktur, permeabilitas, daya simpan air, masa jenis tanah, warna tanah dan suhu tanah.

Tanah mineral sebagai media tumbuh tanaman yang ideal secara material tersusun oleh 4 komponen, yaitu bahan padatan (mineral dan bahan organik), air dan udara. Berdasarkan volumenya, maka tanah umumnya terdiri dari (1) 45% padatan berupa bahan mineral, (2) 5% bahan organik, (3) 25% berupa air dan 25% udara, seperti pada Gambar 1.3 berikut.



Gambar. 1.3. Komponen tanah mineral

Hal khusus terjadi pada tanah tanah organik (gambut) dimana bagian padatan 100% dapat berupa bahan organik, sedangkan ruang porinya 100% dapat terisi air. Oleh karena seluruh bagian ruang pori terisi dengan air, maka tidak ada bagian udara pada tanah ini, ini akan menyebabkan tanah gambut tidak bisa digunakan sebagai lahan pertanian produktif, kecuali dilakukan rekayasa yang sesuai dengan kondisi tanah gambut tersebut melalui perbaikan drainase dan penambahan bahan mineral.



Gambar 1.4. Profil Tanah Organik

Secara alamiah persentase atau proporsi komponen-komponen tanah sangat tergantung pada hal-hal berikut:

1. Ukuran partikel penyusun tanah. Makin halus partikel penyusun tanah berarti makin padat tanah, sehingga ruang porinya juga akan menyempit dan sebaliknya.
2. Sumber bahan organik tanah. Pada tanah yang bervegetasi akan mempunyai persen bahan organik tinggi, dan sebaliknya tanah sedikit mengandung bahan organik jika dalam kondisi tidak bervegetasi.
3. Iklim, terutama faktor curah hujan dan suhu. Pada saat tanah diairi (irigasi) atau saat hujan turun, maka komponen air dalam tanah akan meningkat, dan komponen udara menurun, sebaliknya pada saat tidak hujan dan evaporasi tinggi, kandungan air menurun sedangkan udara meningkat.
4. Sumber air. Tanah yang berdekatan dengan sumber air, seperti sungai, danau akan lebih banyak mengandung air dari pada yang jauh dari sumber air.

Keempat komponen pembentuk tanah memiliki peran penting dalam menunjang fungsi tanah sebagai media tumbuh. Perbedaan keempat

komponen tanah ini akan berdampak terhadap keragaman fungsi tanah sebagai media tumbuh.

Udara tanah misalnya berfungsi sebagai sumber gas yang dibutuhkan oleh tanaman, antara lain:

1. Sebagai sumber oksigen (O_2) yang dibutuhkan oleh sel-sel perakaran tanaman untuk aktivitas respirasi. Hasil aktivitas respirasi akan melepaskan CO_2. Bagi mikrobia *autotrofik* yang memanfaatkan bahan organik, maka CO_2 akan digunakan sebagai sumber energi untuk proses oksidasi enzimatik dalam penguraian bahan organik dan melepaskan unsur hara.
2. Karbondioksida (CO2) yang dilepaskan akar tanaman akan dimanfaatkan oleh mikrobia fotosintetik.
3. Nitrogen (N_2), akan dimanfaatkan oleh mikrobia pengikat N, dan dapat menyuplai N dalam tanah untuk meningkatkan kesuburan.
4. Beberapa jenis gas dalam tanah seperti CO_2, N_2, NH_3, H_2 dan gas-gas lainya baik yang berasal dari proses penguraian bahan organik maupun berasal dari sisa-sisa pestisida atau limbah industri, jika kandungannya tinggi dapat menjadi racun bagi akar tanaman, maupun bagi mikrobia tanah. Bila kondisi aerasi tanah baik, maka sirkulasi udara baik akan memungkinkan terjadi pertukaran gas-gas ini dengan O_2 dari atmosfer, sehingga aktivitas mikrobia autotrofik yang berperan penting dalam penyediaan unsur-unsur hara menjadi terjamin dan bahaya keracunan gas-gas tersebut dinetralkan.

Air tanah merupakan bagian penting tanaman dan makhluk hidup tanah. Sebagian besar ketersediaan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan air, bahkan unsur-unsur dapat bergerak seperti N, K dan Ca dapat diserap tanaman melalui bantuan mekanisme aliran massa air sampai ke permukaan akar dan ditransportasikan ke daun. Oleh karena itu, jika tanaman mengalami kekurangan air, maka tanaman akan layu dan juga akan mengalami kekurangan unsur hara.

Untuk menghasilkan 1 gram biomasa kering, tanaman membutuhkan sekitar 500 gram air, dimana 1%nya mengisi setiap unit sel-sel tanaman.

Bahan organik dan mineral tanah merupakan gudang dan penyedia unsur hara bagi tanaman dan makluk hidup dalam tanah. Bahan mineral dalam bentuk partikel merupakan penyusun ruang pori tanah yang tidak saja berfungsi sebagai gudang udara dan air, tetapi juga sebagai ruang untuk masuknya akar tanaman ke dalam tanah yang lebih dalam, sehingga akar berkembang dengan baik. Bila kondisi ruang pori tanah menurun, maka perkembangan sistem perakaran tanaman tidak berkembang dengan normal, akibatnya pertumbuhan tanaman terganggu.

Bahan organik merupakan sumber energi, karbon dan hara bagi makhluk hidup yang bertugas sebagai pengurai senyawa organik, sehingga dengan adanya bahan organik akan sangat menentukan populasi dan aktivitasnya dalam membebaskan unsur hara yang ada dalam bahan organik tersebut.

Dalam kondisi yang ideal perakaran tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan dengan baik dalam arah horizontal dan vertikal sejauh beberapa cm per hari, sehingga tanaman jagung dewasa yang ditanam berjarak 100 cm dapat mempunyai sistem perakaran yang saling bersentuhan dengan kedalaman lebih dari 2 meter. Bahkan tanaman *alfalfa* diketahui dapat mencapai kedalaman sampai 7 meter. Perakaran tanaman kedelai dapat masuk ke dalam tanah hingga 35 cm ke arah samping dan 1 meter ke arah vertikal. Makin berkembangnya sistem perakaran maka, makin banyak unsur hara dan air yang dapat diserap tanaman, sehingga makin terjamin kebutuhannya selama proses pertumbuhan dan produksinya, dan akhirnya tanah pertanian semakin produktif.

Produktivitas tanah pertanian diartikan sebagai kemampuan tanaman yang diusahakan dalam suatu areal dengan luas tertentu dibawah pengelolaan yang baik untuk menghasilkan produksi dalam suatu waktu tertentu, yang dinyatakan dalam satuan bobot per luasan per waktu.

Misalnya untuk produktivitas jagung dinyatakan sebagai ton per hektar per musim (ton/ha/musim).

Produktivitas tanah pertanian merupakan suatu konsep ekonomi yang ditentukan oleh 3 faktor, yaitu: (1) sistem pengelolaan tanah, (2) hasil (produksi), dan (3) jenis tanah. Nilai tanah pertanian sangat tergantung pada nilai produktivitas tanah, semakin produktif, maka nilai tanah pertanian semakin tinggi. Dalam pengelolaan tanah pertanian ada dua aspek yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

(1) Kapasitas (daya dukung) tanah. Setiap jenis tanah yang ditanami oleh sejenis tanaman mempunyai kemampuan tertentu dalam menerima suatu atau beberapa input misalnya pupuk dan air agar dapat berproduksi dan menghasilkan keuntungan maksimum.
(2) Kapasitas tanaman. Setiap jenis tanaman yang ditanam pada satu jenis tanah juga mempunyai kemampuan tertentu dalam menerima suatu atau beberapa input agar dapat berproduksi yang menghasilkan keuntungan maksimum.

Apabila kapasitas tanaman pada setiap musim tanam secara langsung tergantung pada kemampuan genetis dan faktor lingkungannya, maka peran kedua faktor ini bersifat relatif konstan, sehingga input yang diperlukan juga relatif tetap. Namun pada kapasitas tanah meskipun dipengaruhi oleh kedua faktor ini, hanya pada awal penggunaannya saja yang ditentukan pada kemampuan genetisnya. Kemampuan genetis ini makin menurun dengan makin lamanya masa penggunaan, sehingga produktivitasnya akan tergantung pada masukan yang ditambahkan, sehingga lahan menjadi tidak produktif jika tanpa masukan input.

Bahkan kemampuan genetis tanah untuk berproduksi ini akan cepat turun secara drastis jika pemanfaatannya dilakukan tanpa pengelolaan yang baik. Kemampuan daya dukung tanah untuk berproduksi ditentukan oleh:

- Kandungan bahan mineral tanah. Mineral tanah secara alamiah membe-baskan unsur hara ke dalam larutan tanah secara lambat, sehingga tidak akan mampu mengimbangi kebutuhan unsur hara tanaman yang dipacu agar berproduksi maksimum.
- Kadar bahan organik. Kecepatan proses penguraiannya bahan organik tanah dalam membebaskan unsur hara agar menjadi tersedia bagi tanaman memiliki kecepatan yang bervariasi tergantung jenis senyawa organiknya. Bahan organik berupa karbohidrat adalah yang paling cepat hingga dan lignin yang paling lambat terurai.

Umumya penyediaan unsur hara dari bahan mineral relatif lebih lambat dibandingkan dengan bahan organik. Hal ini berarti bahwa lahan merupakan sumber daya alam yang memiliki daya dukung terbatas, sehingga anggapan bahwa dalam kegiatan budidaya tanaman yang dilakukan hanya dengan menugalkan benih atau membenamkan bibit tanpa pemupukan atau penambahan bahan unsur hara sudah tidak dapat ditolerir lagi apabila ingin tetap mempunyai tanah yang produktif.

Pemanfaatan tanah sesuai dengan daya dukungnya, mengandung arti bahwa penyerapan suatu unsur hara tersedia di dalam tanah oleh tanaman tidak diperhitungkan secara total, tetapi secara perlahan sesuai dengan tingkat ketersediaan dan keseimbangannya dengan unsur-unsur lain. Menurut hukum minimum Liebig produktivitas yang akan dicapai pada suatu tanah akan ditentukan oleh suatu faktor yang keberadaannya paling minimum, maka apabila tanaman untuk berproduksi optimum hanya ditentukan oleh ketersediaan minimal 16 unsur hara esensialnya, dan ketersediaan paling minimum dari ke-16 unsur inilah yang akan menjadi pembatas produksi yang akan dicapai.

Untuk memenuhi konsep ketersediaan dan keseimbangan hara, maka pada saat setiap persiapan tanam, pemberian pupuk dan perbaikan tanah harus selalu dilakukan sesuai dengan hasil analisis tanah (baik sifat kimiawi, sifat fisik dan biologis) dan rekomendasinya.

e. Tekstur Tanah

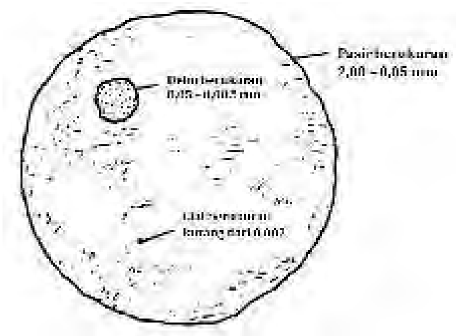
Tekstur tanah adalah salah satu dari sifat sifta fisik tanah yang sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan sifat-sifat tanah lainnya. Secara keseluruhan sifat-sifat fisik tanah ditentukan oleh:

- Ukuran dan komposisi partikel-partikel hasil pelapukan bahan penyusun tanah;
- Jenis dan perbandingan komponen penyusun partikel tanah.
- Keseimbangan antara suplai air, energi dan bahan dengan kehilangannya.
- Intensitas reaksi kimiawi dan biologis yang telah atau sedang berlangsung.

1) Pengertian Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif (dalam persen) dari partikel penyusun tanah antara fraksi pasir (*sand*) yang berdiameter 2,00 - 0,20 mm atau 2000 - 200 µm, debu (*silt*) dengan diameter 0,20 - 0,002 µm atau 200 - 2 µm, dan liat (*clay*) (< 2 µm). Partikel berukuran lebih besar 2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil tidak tergolong sebagai fraksi tanah, tetapi harus diperhitungkan dalam evaluasi tekstur tanah.

Jika dilihat dari sisi ukuran partikel penyusun tanah, maka perbandingan gambaran ukuran diameter pasir, debu dan liat dapat dilihat seperti pada Gambar 1.5 berikut.



Gambar 1.5. Perbandingan ukuran pasir, debu dan liat

Klasifikasi ukuran, jumlah dan luas permukaan fraksi-fraksi tanah menurut sistem USDA dan Sistem Internasional tertera pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1. Klasifikasi fraksi-fraksi tanah menurut USDA dan Sistem Internasional

	Diameter (mm)		Jumlah partikel Per gram	Luas permukaan (cm^2/ g)
	USDA	Interna-sional		
Pasir sangat kasar	2,00 –1,00	–	90	11
Pasir kasar	1,00 – 0,50		720	23
Pasir sedang	0,50 – 0,25		5.700	45
Pasir	–	2,00 – 0,20	4.088	29
Pasir halus	0,25 – 0,10		46.000	91
Pasir sangat	0,10 – 0,05	–	722.000	227
Debu	0,05 –		5.776.000	454
Debu kasar	–	0,02 – 0,002	2.334.796	271
Liat	< 0,002	< 0,002	90.250.853.	8.000.000

Tabel 1.1 memperlihatkan bahwa makin kecil ukuran partikel berarti makin banyak jumlahnya dan semakin luas permukaannya per satuan bobot tanah. Ini juga menunjukkan makin padatnya partikel-partikel per satuan volume tanah.

Hal ini berarti bahwa makin halus ukuran partikel tanah, makin banyak ukuran pori mikro yang terbentuk dan sebaliknya jika ukuran partikel tanah makin besar. Tanah yang didominasi pasir akan memiliki banyak pori-pori makro yang lebih besar, sedangkan tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori berukuran sedang (agak poreus), dan tanah yang didominasi liat akan banyak mempunyai pori-pori mikro atau tidak poreus. Hal ini berbanding terbalik dengan luas permukaan yang terbentuk. Luas permukaan mencerminkan luas penampang yang dapat bersentuhan dengan air, energi atau bahan lain, sehingga makin dominan fraksi pasir akan makin kecil daya menahan tanah terhadap ketiga material ini, dan sebaliknya, jika didominasi oleh liat, maka luas permukaan akan semakin besar.

Berdasarkan keterangan di atas, maka:

1. Makin poreus tanah, akan makin mudah akar untuk masuk ke dalam tanah, serta makin mudah air dan udara untuk bersirkulasi (drainase dan aerasi baik). Air dan udara banyak tersedia bagi tanaman, tetapi makin mudah pula air untuk hilang dari tanah, dan sebaliknya.
2. Makin tidak poreus tanah akan makin sulit akar untuk masuk ke dalam tanah, serta makin sulit air dan udara untuk bersirkulasi (drainase dan aerasi buruk), air dan udara sedikit tersedia, tetapi air yang ada tidak mudah hilang dari tanah.

Tanah yang baik dicirikan oleh susunan yang ideal dari kedua kondisi ini, sehingga secara umum tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan air, udara dan unsur hara yang optimum bagi tanaman, namun dari segi nutrisi, tanah bertekstur lempung lebih baik dibandingkan tanah bertekstur debu.

Fraksi pasir umumnya didominasi oleh mineral kuarsa (SiO_2) yang sangat tahan terhadap proses pelapukan, sedangkan fraksi debu biasanya berasal dari mineral feldspar dan mika yang cepat lapuk, dan

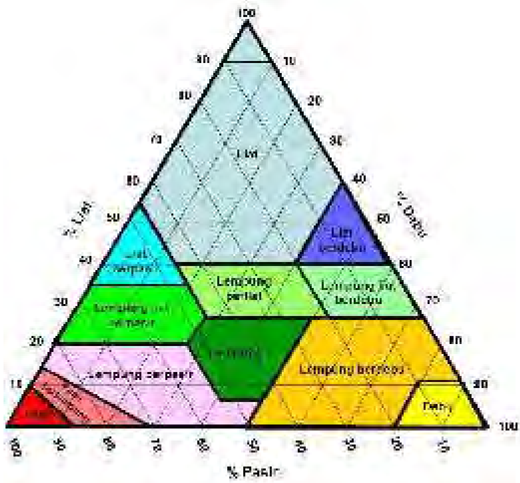
pada saat pelapukannya akan membebaskan sejumlah hara, sehingga tanah bertekstur debu umumnya lebih subur dibandingkan tanah bertekstur pasir.

Dari penjelasan ini menunjukkan bahwa fraksi pasir dan debu lebih berperan secara fisik, sedangkan sebagian fraksi liat yang berukuran < 1µm merupakan koloid atau partikel bermuatan listrik yang aktif sebagai tempat pertukaran anion atau kation, maka fraksi liat lebih berperan secara kimiawi dari pada secara fisik.

Dalam menentukan tekstur tanah dilapangan dengan metode rasa (*by feel*), maka fraksi pasir akan terasa kasar dan tidak lekat, fraksi debu akan terasa agak halus dan agak lekat, tetapi tidak licin, sedangkan fraksi hat akan terasa halus, lekat, dan licin.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, terhadap fraksi-fraksi penyusun tanah, maka menurut klasifikasi Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) tekstur tanah dibagi menjadi 12 kelas seperti tertera pada Gambar 1.6.

Bedasarkan gambar segitiga tekstur di atas, maka suatu tanah disebut bertekstur pasir jika mengandung pasir minimal 85%, bertekstur debu jika kandungan debu minimal 80%, dan bertekstur liat jika memiliki fraksi liat minimal 40%. Secara umum, tanah yang berkomposisi ideal terdiri dari 22,5–52,5% fraksi pasir, 30-50% fraksi debu dan 10-30% fraksi liat atau biasa disebut bertekstur lempung.



Gambar 1.6. Diagram segitiga kelas tekstur tanah USDA

Berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir berarti tanah yang mengandung minimal 70% pasir. Kelas tekstur tanah yang termasuk tanah bertekstur kasar ada 3 jenis adalah tekstur pasir (*sand*), tekstur pasir berlempung (*loamy sand*) dan lempung berpasir (*sandy loam*).
2. Tanah bertekstur halus atau tanah berliat berarti tanah yang mengandung minimal 37.5% fraksi liat. Kelas tekstur tanah yang termasuk tanah bertekstur halus ada 3 jenis yaitu tanah bertekstur liat (*clay*), liat berdebu (*silty clay*) dan liat berpasir (*sandy clay*).
3. Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari:
   a) Tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar ada 2 jenis meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir (*sandy loam*) atau lempung berpasir halus,
   b) Tanah bertekstur sedang ada 4 jenis meliputi yang bertekstur lempung berpasir sangat halus, lempung (*loam*), lempung berdebu (*silty loam*) atau debu (*silt*), dan

c) Tanah bertekstur sedang tetapi agak halus ada 3 jenis mencakup lempung berliat (*clay loam*), lempung liat berpasir (*sand clay loam*) atau lempung liat berdebu (*sandy silt loam*).

Tabel 1.2. Perbandingan fraksi tanah menurut kelas tekstur tanah

No.	Kelas Tekstur tanah	Persen (%) partikel tanah		
		Pasir	Debu	Liat
1.	Pasir *(Sandy)*	> 85	< 15	< 10
2.	Pasir berlempung *(Loam sandy)*	70 – 90	< 30	< 15
3.	Lempung berpasir *(Sandy loam)*	40 – 87,5	< 50	< 20
4.	Lempung *(Loam)*	22,5 – 52,5	30 - 50	10 – 30
5.	Lempung liat berpasir *(Sandy clay loam)*	45 – 80	< 30	20 – 37,5
6.	Lempung debu berpasir *(Sandy silt loam)*	< 20	40 - 70	27,5 — 40
7.	Lempung berliat *(Clay loam)*	20 – 45	15 – 52,5	27,5 – 40
8.	Lempung berdebu *(Silty loam)*	< 47,5	50 – 87,5	< 27,5
9.	Debu *(Silt)*	< 20	80	< 12,5
10.	Liat berpasir *(Sandy-clay)*	45 – 62,5	< 20	37,5 - 57,5
11.	Liat berdebu *(Silty-clay)*	< 20	40 – 60	40 - 60
12.	Liat *(Clay)*	< 45	< 40	> 40

Dengan memahami sifat-sifat fraksi pasir, debu dan liat maka dapat diketahui kelas tekstur tanah dan gambaran umum tentang sifat fisik tanah dapat diperkirakan.

Bagaimana cara menentukan tekstur tanah ?.

Penentuan tekstur tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan analisa terhadap fraksi-fraksi tanah atau analisa mekanis di laboratorium, atau dengan menggunakan cara kualitatif yang lebih sederhana di lapangan, yaitu dengan menggunakan cara kepekaan perasaan (*soil texture by feel*) atau dengan menggunakan perbandingan volume.

Penetapan Tekstur Tanah di Laboratorium.

Tanah disusun dari butir-butir tanah dengan berbagai ukuran. Bagian butir tanah yang berukuran lebih dari 2 mm disebut bahan kasar tanah seperti kerikil, koral sampai batu pada waktu dianalisa dihilangkan terelebih dahulu, demikian juga dengan bahan organik yang ada dalam tanah, sehingga yang tersisa adalah fraksi-fraksi tanah yang berukuran kurang dari 2 mm. Bagian butir tanah yang berukuran kurang dari 2 mm disebut bahan halus tanah. Bahan halus tanah dibedakan menjadi:

- Pasir (*sand*), yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,050 mm sampai dengan 2 mm.
- Debu (*silt*), yaitu butir tanah yang berukuran antara 0,002 mm sampai dengan 0,050 mm.
- Liat (*clay*), yaitu butir tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm.

Penetapan tekstur di laboratorium dapat dilakukan dengan analisa mekanis. Adapun 2 metode yang sering digunakan untuk menentukan tekstur yaitu, (1) metode pipet dan (2) metode hydrometer.

Dengan cara ini yaitu metode pipet atau metode hidrometer, keduanya didasarkan pada perbedaan kecepatan jatuhnya partikel-partikel tanah di dalam air dengan asumsi bahwa kecepatan jatuhnya partikel yang memiliki kerapatan (*density*) sama dalam suatu larutan akan meningkat secara linear apabila radius partikel bertambah secara secara kuadratik. Proses ini terdiri atas pendispersian agregat tanah

menjadi butir-butir tunggal dan kemudian diikuti dengan sedimentasi atau pengendapan.

Asumsi ini diformulasikan oleh Stokes sebagai berikut:

$$V = \frac{2gr^2(dp - d)}{9n}$$

Dimana :

v : kecepatan jatuhnya partikel (cm/detik)

g : percepatan gravitasi (cm/detik)

dp: kerapatan partikel

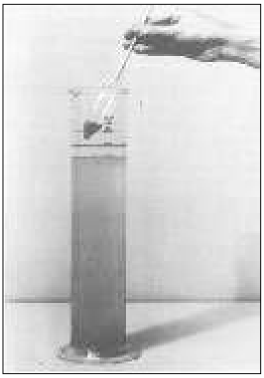
d : kerapatan larutan (g/cm^3)

r : radius partikel (cm)

n : viskositas absolut larutan (dyne detik/cm^2)

Melalui metode hidrometer fraksi-fraksi tanah dibedakan berdasarkan waktu kecepatan jatuh, yang dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu:

a. Fraksi pasir merupakan partikel yang turun ke dasar suspensi dalam waktu kurang dari 40 detik,
b. Fraksi debu turun antara 40 detik hingga hampir dua jam, dan
c. Sisanya yang masih tersuspensi merupakan fraksi liat.



Gambar 1.7. Penentuan Tekstur Tanah dengan Metode Hidrometer

Persentasi hasil penetapan masing-masing fraksi tanah ini kemudian dicocokkan dengan pada segitiga tekstur, Gambar 1.7.

Misalkan suatu tanah setelah dilakukan analisa dengan cara hydrometer ternyata mengandung 50% pasir, 20% debu, dan 30% liat. Untuk menentukan jenis tekstur tanah tersebut dapat dilakukan dengan mencocokkan data hasil analisa ketiga fraksi tanah tersebut pada gambar segi tiga tekstur. Adapun cara menentukan klas tekstur tanah adalah sebagai berikut :

- Dari gambar segitiga tekstur dapat dilihat bahwa pada sudut kanan bawah segitiga menggambarkan 0% pasir dan sudut kirinya 100% pasir. Temukan titik 50% pasir pada sisi dasar segitiga dan dari titik ini tarik garis sejajar dengan sisi kanan segitiga (ke kiri atas).
- Kemudian temukan titik 20% debu pada sisi kanan segitiga. Dari titik ini tarik garis sejajar dengan sisi kiri segitiga, sehingga garis ini berpotongan dengan garis pertama.
- Kemudian temukan titik 30% liat dan tarik garis ke kanan sejajar dengan sisi dasar segitiga sehingga memotong dua garis sebelumnya.

Dari perpotongan ketiga garis ini, ditemukan bahwa tanah ini mempunyai kelas tekstur *lempung liat berpasir*.

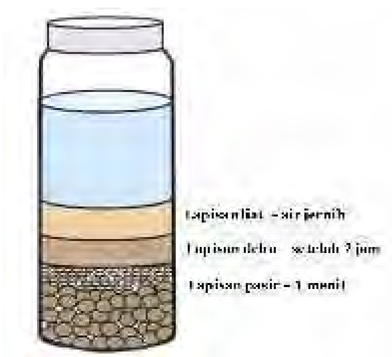
Penentuan Tekstur Tanah Berdasarkan Persen Volume.

Penetapan tekstur tanah dengan menggunakan persen volume dapat dilakukan dengan lebih sederhana dibandingkan dengan metode hidrometer. Prinsip penetapan berdasarkan persen volume ini juga berdasarkan pada kecepatan pengendapan. Dimana fraksi yang kasar atau pasir akan mengendap lebih awal (1 meniut) dan kemudian diikuti oleh fraksi debu sekitar 2 jam, dan sisanya adalah fraksi liat yang akan mengendap sekitar 48 jam kemudian. Kegiatan ini dapat dilakukan di laboratorium atau di lapangan. Untuk analisa tanah dengan cara persen

volume, siapkan tanah kering yang sudah diayak dengan ayakan halus. Ambil kira-kira 100 gram dan masukkan ke dalam gelas ukur volume 1 liter. Kemudian guncang dan biarkan terjadi pengendapan. Berdasarkan hasil pengendapan diukur volume pengendapan pasir, debu dan liat dan dihitung persen volumenya, kemudian dengan menggunakan gambar segitiga tekstur dapat ditentukan tekstur tanahnya. Meskipun dengan cara ini masih kasar, namun cukup baik.



Gambar 1.8. Penetapan Tekstur Tanah dengan Cara Persen Volume



Gambar 1.9. Pengendapan Fraksi Tanah

Penetapan tekstur tanah dengan perasaan (*soil texture by feel*)

Penetapan tekstur di lapangan dilakukan dengan cara 1) masa tanah kering atau lembab dibasahi, kemudian dipirid diantara ibu jari dan telunjuk sehingga memebntuk pita lembab, sambil dirasakan adanya rasa kasar, licin dan lengket; 2) tanah tersebut dibuat bola, digulung dan diamati adanya daya tahan terhadap tekanan dan kelekatan masaa tanah sewaktu telunjuk dan ibu jari diregangkan. Dari rasa kasar, licin, licin, pirisan, gulungan dan kelekatannya dapatlah ditentukan klas tekstur lapang.



Gambar 1.10. Penentuan Tekstur Tanah dengan Metoda Perasaan

Melalui perbandingan rasa ketiganya maka secara kasar tekstur tanah dapat diperkirakan, misalnya indra kulit merasakan partikel-partikel:

1) jika terasa kasar sangat jelas, tidak melekat, dan tidak dapat dibentuk bola dan gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *pasir*.



Gambar 1.11. Tekstur Pasir

2) Jika terasa kasar jelas, sedikit sekali melekat, dan dapat dibentuk bola tetapi mudah sekali hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *pasir berlempung*.
3) Jika terasa kasar agak jelas, agak melekat, dan dapat dibuat bola tetapi mudah hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung berpasir*.



Gambar 1.12. Tekstur Lempung berpasir

4) Jika tidak terasa kasar dan tidak licin, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan dapat sedikit dibuat gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung*.



Gambar 1.13 Lempung

5) Jika terasa licin, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh,

dan gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung berdebu*.



Gambar 1.14 Lempung Berdebu

6) Jika terasa licin sekali, agak melekat, dapat dibentuk bola teguh, dan dapat digulung dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *debu*.



Gambar 1.15. Debu

7) Jika terasa agak licin, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan dapat dibentuk gulungan yang agak mudah hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung berliat*.



Gambar 1.16. Tekstur Lempung Berliat

8) Jika terasa halus dengan sedikit bagian agak kasar, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan dapat dibentuk gulungan mudah hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung liat berpasir*.



Gambar 1.17. Tekstur Lempung Liat Berpasir

9) Jika terasa halus, terasa agak licin, melekat, dan dapat dibentuk bola teguh, serta dapat dibentuk gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *lempung liat berdebu*.



Gambar 1.18. Tekstur Lempung Liat Berdebu

10) Jika terasa halus, berat tetapi sedikit kasar, melekat, dapat dibentuk bola teguh, dan mudah dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *liat berpasir*.



Gambar 1.19 Tekstur Liat Berpasir

11) Jika terasa halus, berat, agak licin, sangat lekat, dapat dibentuk bola teguh, dan mudah dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur l*iat berdebu*.



Gambar 1.20 Tekstur Liat Berdebu

12) Jika terasa berat dan halus, sangat lekat, dapat dibentuk bola dengan baik, dan mudah dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur *liat*.



Gambar 1.21 Tekstur Liat

Hasil penetapan menurut metode perasaan ini akan makin baik jika untuk setiap titik pengamatan dilakukan beberapa kali, minimal tidak tiga kali (tiga ulangan).

Tekstur tanah mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman, hasil penelitian tentang pengaruh tekstur tanah terhadap produksi

jagung dan kentang tertera pada Tabel 1.3. Tabel 1.3 menunjukkan bahwa jagung ideal tumbuh pada tanah bertekstur lempung, sedangkan kentang ideal pada tanah bertekstur lempung berpasir dari pada tanah yang bertekstur liat dan pasir berlempung. Namun keduanya tumbuh ideal pada tanah bertekstur pasir apabila disertai dengan irigasi.

Pada kondisi tanpa irigasi, tanah lempung memberikan sifat-sifat fisik yang baik sebagaimana diuraikan sebelumnya, sehingga sistem perakarannya leluasa untuk berkembang. Tanah bertesktur lempung berpasir lebih baik dari pada tekstur lempung terkait dengan kebutuhan tanaman kentang terhadap ruang untuk perpanjangan dan pembesaran umbinya.

Tabel 1.3. Pengaruh kelas tekstur lapisan atas tanah terhadap produksi jagung dan kentang

Kelas tekstur dominan	Produksi (per hektar)	
	Jagung	Kentang (Kwintal)
Liat	5,030	
Lempung	6,287	280
Lempung berpasir	5,030	336
Pasir berlempung	3,772	280
Pasir (+ irigasi)	7,544	336

f. Struktur Tanah

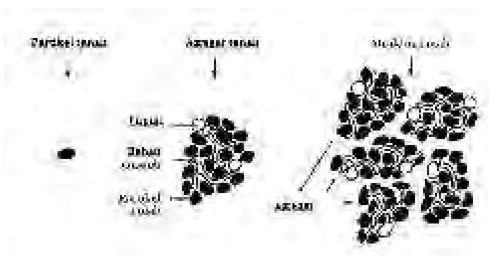
1) Pengertian struktur tanah

Struktur tanah merupakan salah satu sifat morfologi (penampakan) tanah yang dapat diamati secara langsung. Morfologi tanah adalah deskripsi tubuh tanah yang menunjukkan kenampakan-kenampakan, ciri-ciri dan sifat-sifat umum dalam suatu profil tanah. Ciri-ciri morfologi tanah merupakan petunjuk dari proses – proses yang pernah

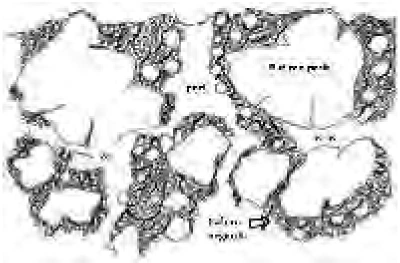
dialami suatu jenis tanah selama pelapukan, pembentukan dan perkembangan. Perbedaan faktor–faktor pembentuk tanah akan meninggalkan ciri dan sifat tanah yang berbeda pula pada suatu profil tanah.

Struktur tanah adalah susunan butir-butir primer tanah dan agregat–agregat primer tanah secara alami menjadi bentuk tertentu yang dibatasi oleh bidang-bidang yang disebut agregat. Struktur tanah merupakan sifat fisik tanah yang menggambarkan susunan ruangan partikel tanah yang bergabung satu dengan yang lain membentuk agregat hasil proses pedogenesis. Struktur tanah berhubungan dengan cara dimana partikel pasir, debu dan liat relatif disusun satu sama lain.

Struktur tanah digunakan untuk menunjukkan bagimana ukuran partikel–partikel tanah seperti pasir, debu dan liat yang membentuk agregat satu dengan yang lainnya yang dibatasi oleh bidang belah alami yang lemah. Agregat yang terbentuk secara alami disebut ped. Struktur yang dapat memodifikasi pengaruh tekstur tanah dalam hubungannya dengan kelembaban, porositas, ketersediaan unsur hara, kegiatan organisme tanah dan pengaruh air.



Gambar 1.22. Struktur Tanah



Gambar 1.23. Ped

2) Jenis-jenis struktur tanah

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lapangan, struktur tanah digambarkan menurut:

- Tipe yaitu menurut bentuk dan susunan ped, terdiri dari bulat, lempeng, balok dan prisma.
- Kelas yaitu indikator bentuk struktur yang terbentuk dari ped-ped penyusunnya, menghasilkan 7 tipe struktur tanah.
- Tingkat yang menunjukkan derajat perkembangan struktur yang dibagi menjadi (1) tanpa struktur, jika agregasi tak terlihat atau berbatas tidak jelas atau baur dengan batas-batas alamiah, (2) lemah, jika ped sulit terbentuk tetapi terlihat, (3) sedang, jika ped dapat terbentuk dengan baik, tahan lama dan jelas, tetapi tak jelas pada tanah utuh, dan (4) kuat, jika ped kuat, pada tanah utuh jelas terlihat dan antarped terikat lemah namun tahan jika dipindahkan dan hanya terpisah apabila tanah terganggu.

Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah sebagai akbiat melekatnya butir-butir tanah satu sama lain. Satu unit struktur tanah disebut *ped*. Apabila unit-unit struktur tanah tersebut tidak terbentuk maka dikatakan bahwa tanah tersebut tidak berstruktur. Dalam hal ini ada dua kemungkinan yaitu, 1) butir tunggal (*single grain*) yaitu butir-butir tanah tidak melekat satu sama lain,

contoh tanah pasir; 2) Pejal atau massive yaitu jika butir-butir tanah melekat satu sama lain dengan kuat sehingga tidak membentuk gumpalan-gumpalan (ped).

Penyipatan strukur tanah meliputi 3 hal yaitu bentuk, tingkat perkembangan dan ukuran.

a) Berdasarkan bentuk

Berdasarkan bentuknya, maka struktur tanah dibedakan menjadi :

1. Lempeng (*platy*) yaitu bentuk struktur tanah jika sumbu vertikal struktur tanah lebih pendek dari sumbu horisontal.



Gambar. 1.24 Struktur tanah berbentuk lempeng (platy)

2. Prismatik (*prismatic*) yaitu jika struktur tanah memiliki sumbu vertikal lebih panjang dari sumbu horizontal dan sisi atas tidak membulat.



Gambar1.25. Struktur tanah prismatik

3. Tiang (*columnar*) yaitu jika struktur tanah memiliki sumbu vertikal lebih panjang dari sumbu horizontal dan sisi-sisi atas membulat.



Gambar 1.26. Struktur tanah kolumnar

4. Gumpal bersudut (*angular blocky*) yaitu jika struktur tanah memiliki sumbu vertikal sama dengan sumbu horizontal dan sisi-sisi membentuk sudut tajam.



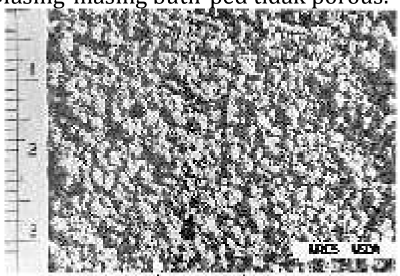
Gambar 1.27. Struktur Tanah Gumpal bersudut

5. Gumpal membulat (*subangular blocky*) yaitu jika struktur tanah memiliki sumbu vertikal sama dengan sumbu horizontal dan sisi-sisi membentuk sudut membulat.



Gambar 1.28. Struktur Tanah Gumpal Membulat

6. Butiran (*granular*) yaitu jika struktur tanah membulat, atau banyak sisi. Masing-masing butir ped tidak porous.



Gambar 1.29. Struktur Tanah Granular

7. Remah (*crumb*) yaitu jika struktur tanah membulat atau banyak sisi, sangat porous.



Gambar 1.30. Struktur Tanah Remah

b) Berdasarkan tingkat Perkembangan struktur tanah

Berdasarkan pada tingkat perkembangan atau kemantapan struktur tanah, maka struktur tanah dapat dibedakan menjadi beberapa tingkat yaitu :

- Lemah yaitu jika butir-butir struktur tanah dapat dilihat, tetapi sudah rusak dan hancur waktu diambil dari profil tanah untuk diperiksa.
- Sedang yaitu jika struktur tanah memiliki butir-butir struktur yang agak kuat dan tidak hancur waktu diambil dari profil untuk diperiksa.
- Kuat yaitu jika struktur tanah memiliki butir-butir struktur tanah yang tidak rusak waktu diambil dari profil tanah dan tidak hancur walaupun digerak-gerakkan.

c) Berdasarkan Ukuran Struktur Tanah

Berdasarkan ukuran struktur, maka

1) Bentuk struktur lempeng, granuler dan remah dapat dibedakan menjadi

   - sangat halus/tipis jika struktur tanah berukuran < 1 mm.
   - halus jika struktur tanah berukuran 1-2 mm.
   - sedang jika struktur tanah berukuran 2-5 mm.
   - kasar/tebal jika struktur tanah berukuran 5-10 mm.
   - sangat kasar jika struktur tanah berukuran > 10 mm.

2) Untuk bentuk struktur gumpal membulat dan gumpal menyudut :

   - sangat halus, jika struktur tanah memiliki ukuran < 5 mm.

- halus, jika struktur tanah memiliki ukuran 5-10 mm.
- sedang, jika struktur tanah memiliki ukuran 10-20 mm.
- kasar, jika struktur tanah memiliki ukuran 20-50 mm.
- sangat kasar, jika struktur tanah memiliki ukuran > 50 mm.

3) Untuk bentuk struktur prismatik dan tiang :

- Sangat halus/tipis, jika struktur tanah memiliki ukuran < 10 mm.
- Halus, jika struktur tanah memiliki ukuran 10-20 mm.
- Sedang, jika struktur tanah memiliki ukuran 20-50 mm.
- Kasar/tebal, jika struktur tanah memiliki ukuran 50-100 mm.
- Sangat kasar, jika struktur tanah memiliki ukuran > 100 mm.

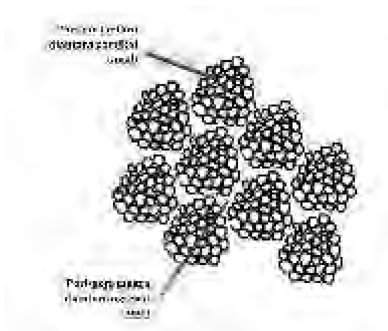
Tanah yang terbentuk didaerah dengan curah hujan tinggi umumnya memiliki struktur tanah *granular* dilapisan atas (*top soil*) yaitu horizon A dan struktur gumpal di horizon B atau tanah lapisan bawah (*sub soil*). Struktur tanah dapat berkembang dari butiran–butiran tunggal ataupun kondisi massive.

Tanah dengan struktur baik mempunyai tata udara yang baik, unsur – unsur hara lebih mudah tersedia dan tanah mudah diolah. Struktur tanah yang baik adalah yang bentuknya membulat sehingga antar butiran tanah tidak dapat bersing-gungan dengan rapat. Akibatnya pori–pori tanah banyak terbentuk. Disamping itu struktur tanah harus tidak mudah rusak sehingga pori–pori tanah tidak mudah tertutup.

Struktur tanah dapat memodifikasi pengaruh tekstur dalam hubungannya dalam kelembaban, porositas, tersedianya unsur hara, kegiatan jasad hidup dan perubahan akar. Struktur tanah secara praktis mempengaruhi aerasi dan draenase tanah, sehingga membatasi pertumbuhan tanaman. Sistem pertanaman yang mampu menjaga kemantapan agregat tanah akan memberikan hasil yang tinggi bagi produksi pertanian.

Struktur tanah sangat berpengaruh dalam bidang pertanian. Tanah sebagai media tumbuh bagi tanaman menjadi penentu seberapa hasil panen yang akan didapat. Jika strukturnya terlalu mantap maka akar akan sulit menembusnya, sebaliknya jika kemantapan strukturnya terlalu lemah maka ketersediaan unsur hara dan air akan sedikit karena tanah tidak dapat mengikat unsur hara dan air dengan kuat, oleh karena itu dibutuhkan struktur tanah yang seimbang.

Di dalam tanah dengan struktur yang baik, partikel pasir dan debu dipegang bersama pada agregat-agregat (gumpalan kecil) oleh liat humus dan kalsium. Ruang kosong yang besar antara agregat (pori makro) membentuk sirkulasi air dan udara, juga perakaran tanaman untuk tumbuh ke bawah pada tanah yang lebih dalam. Sedangkan ruangan kosong yang kecil (pori mikro) memegang air untuk kebutuhan tanaman. Idealnya bahwa struktur disebut granular.



Gambar 1.31. Pori makro dan mikro dalam tanah

Struktur tanah berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman, dimana struktur tanah yang remah (ringan) pada umumnya menghasilkan laju partum-buhan tanaman dan produksi persatuan waktu yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur tanah yang padat. Jumlah dan panjang akar tanaman yang tumbuh pada tanah remah umumnya lebih banyak dibandingkan dengan

akar tanaman yang tumbuh pada tanah berstruktur berat. Hal ini disebabkan perkembangan akar pada tanah berstruktur ringan/remah lebih cepat per satuan waktu dibandingkan akar tanaman pada tanah kompak, sebagai akibat mudahnya intersepsi akar pada setiap pori-pori tanah yang memang tersedia banyak pada tanah remah.

Selain itu akar memiliki kesempatan untuk bernafas secara maksimal pada tanah yang berpori, dibandingkan pada tanah yang padat. Sebaliknya bagi tanaman makanan ternak yang tumbuh pada tanah yang bertekstur halus seperti tanah berlempung tinggi, sulit mengembangkan akarnya karena sulit bagi akar untuk menyebar akibat rendahnya pori-pori tanah. Akar tanaman akan mengalami kesulitan untuk menembus struktur tanah yang padat, sehingga perakaran tidak berkembang dengan baik. Aktifitas akar tanaman dan organisme tanah merupakan salah satu faktor utama pembentuk agregat tanah.

Berdasarkan keterangan di atas tekstur mencerminkan ukuran partikel dari fraksi-fraksi tanah, maka struktur merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel primer tanah (pasir, debu dan liat) hingga partikel sekunder yang merupakan gabungan partikel primer yang disebut gumpalan (*ped*) membentuk agregat (bongkah).

Tanah yang partikel-partikelnya belum bergabung, terutama yang bertekstur pasir disebut tanpa struktur atau berstruktur lepas, sedangkan tanah bertekstur liat yang terlihat padat tanpa ruang pori yang lembek jika basah dan keras jika kering atau jika dilumat dengan air membentuk pasta disebut juga tanpa struktur.

Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, karena susunan antar ped atau agregat tanah akan menghasilkan ruang yang lebih besar dibandingkan dengan susunan antar partikel primer. Oleh karena

itu, tanah yang berstruktur baik akan mempunyai kondisi drainase dan aerasi yang baik pula, dan lebih memudahkan sistem perakaran tanaman masuk menyerap unsur hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman menjadi lebih baik. Hal ini terbukti dari percobaan pemupukan yang mendapatkan bahwa produksi jagung pada tanah tanpa pupuk tetapi beragregat baik ternyata 2,3 kali lebih besar dibandingkan produksi pada tanah yang beragregat buruk yang diberi pupuk. Penanaman melindungi agregat tanah dari hantaman air hujan, sehingga makin rapat tajuk tanaman akan makin baik pengaruhnya terhadap agregat tanah.

3) Pembentukan Struktur Tanah

Ada dua tahapan yang terjadi pada pembentukan struktur tanah, yaitu (1) penggumpalan (*coagulation*) koloid tanah sebagai akibat pengaruh ion Ca^{2+} kedalam agregat tanah mikro, dan (2) sementasi (pengikat) agregat mikro kedalam agregat makro.

Meurut teori pembentukan struktur tanah, berdasarkan pada flokulasi yang terjadi pada tanah yang berada dalam larutan, misal pada tanah yang agregatnya telah dihancurkan oleh air hujan atau pada tanah sawah. Pada saat terjadi retakan karena pembengkakan dan pengerutan sebagai akibat dari pembasahan dan pengeringan yang berperan penting dalam pembentukan agregat. Maka agregat tanah terbentuk sebagai akibat adanya interaksi dari butiran tunggal, liat, oksioda besi atau almunium dan bahan organik. Agregat yang baik terbentuk karena gumpalan maupun oleh terjadinya retakan tanah yang kemudian dimantapkan oleh pengikat yang terjadi secara kimia atau adanya aktifitas biologi.

4) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Struktur Tanah

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan struktur tanah, yaitu (1) bahan induk, (2) bahan organik tanah, (3) tanaman, (4) organisme tanah, (5) waktu, (6) Iklim.

i) Bahan Induk

Perbedaan bahan penyusun tanah akan mempengaruhi pembentukan agregat-agregat tanah serta kemantapan struktur tanah yang terbentuk. Kandungan fraksi liat akan sangat menentukan dalam pembentukan agregat tanah, karena liat berfungsi sebagai pengikat zat yang diabsorbsi pada permukaan butiran tanah. Jika kandungan liat > 30% akan berpengaruh terhadap agregasi struktur tanah, sedangkan kandungan liat < 30% tidak berpengaruh terhadap agregasi.

ii) Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah merupakan bahan pengikat setelah mengalami pencucian. Pencucian tersebut dipercepat dengan adanya organisme tanah. Sehingga bahan organik dan organisme di dalam tanah saling berhubungan erat.

iii) Tanaman

Tanaman pada suatu wilayah dapat membantu pembentukan agregat yang mantap. Akar tanaman dapat menembus tanah dan membentuk celah-celah. Disamping itu dengan adanya tekanan akar, maka butir-butir tanah semakin melekat dan padat. Selain itu celah-celah tersebut dapat terbentuk dari air yang diserap oleh tanaman tesebut.

iv) Organisme Tanah

Organisme tanah dapat mempercepat terbentuknya agregat tanah. Selain itu juga mampu berperan langsung dengan membuat lubang

dan menggemburkan tanah. Secara tidak langsung organisme akan merombak sisa-sisa tanaman yang setelah dipergunakan akan dikeluarlan lagi menjadi bahan pengikat tanah.

v) Waktu

Waktu menentukan semua faktor pembentuk tanah yang sedang berlangsung. Semakin lama waktu berjalan, maka agregat tanah yang terbentuk pada tanah tersebut semakin mantap.

vi) Iklim

Iklim berpengaruh terhadap proses pengeringan, pembasahan, pembekuan, pencairan. Iklim merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pemben-tukan agregat tanah.

Mekanisme Pembentukan Struktur Tanah

Struktur tanah dapat mulai berkembang dari butiran tunggal sampai bentuk masif. Apabila berasal dari butir-butir tunggal, maka perkembangannya dimulai dari pengikatan partikel-partikel tanah membentuk gerombol (*cluster*) yang kemudian menjadi ped.

Ada lima mekanisme utama yang menyatukan partikel-partikel ini, yaitu :

1. Aktivitas penetrasi akar pada saat berkembang.
2. Pergerakan air yang mengikuti arah perkembangan akar menyebabkan terjadinya pengikisan dan pemecahan tanah yang kemudian memicu pembentukan ped.
3. Aktivitas keluar masuknya fauna tanah.
4. Pembasahan dan pengeringan yang mengembang dan mengerutkan

partikel-partikel.

5. Pencairan, pembekuan, mengembang dan mengerutkan partikel-partikel.

Bongkah (*ped*) tanah yang terbentuk, harus stabil, dan kestabilan ped yang terbentuk tergantung pada dua kondisi, yaitu:

a. Keutuhan tanah permukaan pada saat rehidrasi, dan kekuatan ikatan antar koloid-partikel di dalam ped pada saat basah,
b. Ketahanan ped ini dapat ditentukan melalui metode penyaringan basah.

Dalam metode ini, tanah kering diletakkan dalam saringan kemudian dicelupkan ke dalam air, air segera meresap dan mendesak udara yang terperangkap di ruang-ruang pori tanah, ped yang tidak kuat terhadap tekanan ini akan pecah dan rusak, turun lewat lobang-lobang saringan. Ped-ped yang tertinggal merupakan ped yang stabil terhadap air.

Secara umum terdapat tiga kelompok bahan koloidal (berdiameter <1 μm) yang bertindak sebagai bahan perekat, partikel-partikel dalam proses pembentukan agregat tanah, yaitu: (1) mineral liat koloid, (2) oksida besi dan mangan koloidal, dan (3) bahan organik koloid, termasuk hasil aktivitas dan perombakan sel-sel mikrobia.

Pada saat air menguap, maka lempeng-lempeng liat akan berdekatan dan dibantu oleh bahan perekat, maka terjadilah penggumpalan (agregasi).



Gambar 1.32. Sketsa Mekanisme Agregasi Tanah

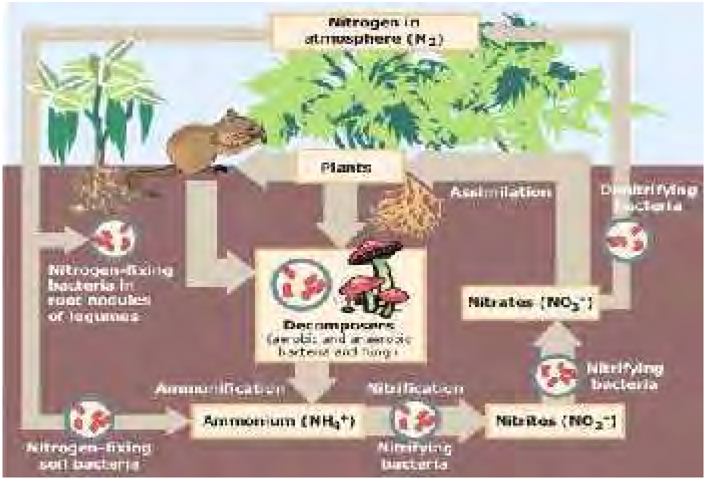
Berdasarkan penjelasan di atas, maka peranan struktur tanah sangat penting bagi dunia pertanian dan pertumbuhan tanaman. Tanpa struktur tanah yang baik, pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman akan terganggu.

Bagaimana cara untuk mengetahui struktur tanah yang ada di lapangan? Dan bagaimana struktur tanah yang ada di suatu lahan pertanian. Untuk menjawab pertanyaan tersebut haruslah dilakukan pengamatan di lapangan melalui kegiatan praktikum pengamatan struktur tanah.

2.2 Biologi Tanah

Tanah merupakan habitat atau tempat hidup berbagai jenis organisme atau jasad hidup di dalam tanah. Berdasarkan fungsinya, secara umum terdapat dua golongan jasad hidup dalam tanah, yaitu organisme yang menguntungkan dan yang merugikan. Organisme yang menguntungkan adalah jenis organisme yang terlibat dalam proses penguraian atau dekomposisi bahan organik, mengikat atau menyediakan unsur hara dan atau pembentukan serta perbaikan struktur tanah. Sedangkan organisme yang merugikan adalah organisme yang memanfaatkan tanaman hidup, baik sebagai sumber pangan atau sebagai inangnya yang disebut sebagai hama atau penyakit tanaman maupun sebagai kompetitor dalam penyerapan hara dalam tanah.

Coba perhatikan Gambar 1. 33 berikut. Gambar ini menunjukkan suatu hubungan yang erat antara organisme tanah dan kesuburan tanaman. Tanah yang mengandung organisme tanah yang banyak umumnya subur, karena pengaruh aktivitas organisme tanah akan menyebabkan peningkatan kesuburan tanah, baik secara fisik, kimia dan biologi.



Gambar 1.33 Organisme Tanah

Secara umum organisme tanah tanah dikelompokkan menjadi dua, yaitu (1) fauna atau hewan tanah, dan (2) flora atau tumbuhan tanah.

1. Fauna atau hewan tanah

   Fauna atau hewan tanah adalah hewan yang hidup di dalam tanah. Fauna tanah dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu makro fauna dan mikro fauna.

   a) Makro fauna yaitu hewan berukuran besar yang hidup di dalam tanah yang terdiri dari herbivora (pemakan tanaman) dan karnivora (pemangsa hewan-hewan kecil). Termasuk dalam kelompok herbivora adalah jenis cacing (*Annelida*), bekicot (*Mollusca*), kepiting (*Arthopoda)*, kelabang (*Chilopoda)*, kaki seribu *(diplopoda)*, kutu (*Arachnida)* dan kelmpok serangga

(*insecta*) seperti belalang, kumbang, rayap, jangkrik dan semut, serta hewan-hewan kecil lain yang bersarang dalam tanah.

b) Mikro fauna berupa pemangsa parasit, meliputi nematoda, protozoa, dan rotifera.

2. Flora atau Tumbuhan Tanah

   Flora atau tumbuhan tanah adalah jenis tumbuhan yang hidup di dalam tanah. Adapun jenis tumbuhan yang dapat hidup di dalam tanah adalah jenis tumbuhan tumbuhan tingkat rendah dan biasa diklasifikasikan sebagai mikroflora.

   Termasuk dalam kelompok mikroflora ini meliputi (1) ganggang, terdiri dari ganggang hijau dan hijau-biru, (2) cendawan meliputi jamur, ragi, dan kapang, (3) bakteri aerobik dan anaerobik.

Pengelompokan Organisme Tanah

1. *Berdasarkan ukuran*

   Berdasarkan ukurannya, maka organisme tanah atau jasad hayati tanah ini dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu (1) Makrobia tanah, jika berukuran di atas 10 mm, (2) Mesobia, jika berukuran 0,2-10 mm, dan (3) Mikrobia, jika berukuran < 0,2 mm (200 mm).

2. *Berdasarkan Cara Memperoleh Energi*

   Berdasarkan cara memperoleh energi, mikroorganisme tanah dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) *fototrof* yaitu mikroorganisme yang memperoleh energi dari sinar matahari, dan (2) *kemotrof* yaitu mikrobia yang memperoleh energi dari oksidasi senyawa anorganik, seperti senyawa N (amonia dan nitrit), sulfur, zat besi atau senyawa karbon sederhana, dan metana.

   Selain itu berdasarkan sumber karbon yang digunakannya, mikroorganisme tanah dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu (1) *ototrof* atau *litotrof* yaitu kelompok mikroorganisme yang menggunakan CO_2, HCO_3, CO_3 sebagai sumber karbon, dan (2) *heterotrof* atau *organotrof* yaitu kelompok mikroorganisme yang menggunakan C organik sebagai sumber karbon.

Mikroflora yang tergolong *fototrof* meliputi alga, bakteri hijau biru (*cianobactery)*, bakteri lembayung dan hijau. Mikroflora yang tergolong *fotohetotrof* adalah bakteri lembayung non sulfur, dan *heliobakteri* yaitu bakteri pembentuk endospora, bascilus dan clostridium.

Mikroflora yang tergolong kemoototrof antara lain bakteri pengoksidasi NH^{4+} (*Nitrobacter*), dan pengoksidasi nitrit. Kelompok mikroflora kemoototrof dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) kelompok yang menggunakan CO_2 antara lain bakteri *nitrosomonas*, bakteri pengoksidasi sulfur (*Thiobacillus thiooxidans*), bakteri pengoksidasi Fe (*Thiobacillus ferrooxidans*) dan (2) kelompok yang menggunakan HCO_3, contoh *Pseudomonas sp*. Sedangkan mikroflora yang termasuk kelompok *kemoheterotrof* adalah bakteri perombak selulosa.

3. *Berdasarkan Keberadaanya dalam Tanah*

Berdasarkan keberadaannya dalam tanah, mikroorganisme tanah dibagi dalam dua kelompok besar yaitu (1) *mikrobia otokton* (*autochtonous*) yakni mikrobia setempat pada tanah-tanah tertentu dan atau bersifat endemik, contohnya bakteri *Azospirillum halopraeferen* yang selalu ditemukan di tanah berkadar garam tinggi (salin), (2) mikrobia *zymogen* yaitu mikrobia yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh adanya perlakuan khusus seperti penambahan pupuk, bahan organik dan pengelolaan tanah.

Selain itu dikenal juga mikrobia *trasien* yaitu mikrobia yang keberadaannya di dalam tanah bersifat sebagai penetap sementara. Mikrobia trasien umumnya merupakan mikrobia yang dimasukkan ke dalam tanah baik disengaja ataupun tidak disengaja.

4. *Berdasarkan Fungsi Khususnya*

Berdasarkan spesifikasi fungsinya, mikroorganisme tanah digolongkan menjadi dua kelompok utama, yaitu

(a) Mikroorganisme spesifik fungsional jika fungsinya dalam tanah bersifat spesifik, misalnya bakteri *nitrosomonas* dan

nitrobacter yang berperan dalam nitrifikasi, bakteri *rhizobium* yang berperan dalam fiksasi N bebas, endomikoriza yang berperan dalam penyediaan dan penyerapan hara P oleh tanaman.

(b) Mikroorganisme non spesifik fungsional jika berperan tidak spesifik, misalnya mikrobia dekomposer bahan organik.

5. *Berdasarkan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman*

Jika dikaitkan dengan pertumbuhan tanaman, maka mikroorganisme tanah dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu, (1) biota yang menguntungkan, (2) biota yang merugikan, (3) biota tanpa pengaruh. Jika di suatu tanah, keberadaan kelompok mikroorganisme yang menguntungkan dalam tanah jumlahnya dominan, maka pertumbuhan tanaman menjadi baik. Jika kelompok mikroornanisme yang merugikan dominan keberadaannya dalam tanah, maka pertumbuhan tanaman akan jelek. Untuk tujuan agar mikroorganisme tanah yang menguntungkan jumlahnya dapat dimaksimalkan, dan yang merugikan dapat diminimalkan, serta mikrobia yang tanpa pengaruh dapat dimanfaatkan, sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman dapat dioptimalkan, maka pengembangan biologis dan bioteknologi tanah menjadi penting untuk dikembangkan sebagai dasar pertanian organik.



Gambar 1. 34. Pertanian Organik dengan Menggunakan Pupuk Kandang

Tanah sebagai Habitat Mikroorganisme

Tanah sebagai habitat mikroorganisme berfungsi sebagai media alam untuk pertumbuhan dan melakukan segala aktivitas fisiologinya. Tanah menyediakan nutrisi, air dan sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktifitas mikroorganisme. Di dalam hal ini, lingkungan tanah seperti faktor *abiotik* (yang meliputi sifat fisik dan kimia tanah) dan *biotik* (adanya mikrobia lain dan tanaman tingkat tinggi) ikut berperan dalam menentukan tingkat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme tanah.

Struktur tanah, aerasi tanah, ketersediaan air dan suhu tanah merupakan sifat-sifat fisik yang berperan dalam menentukan kelangsungan proses fisiologi mikro-organisme. Sementara diantara sifat kimia tanah yang berpengaruh terhadap mikroorganisme tanah adalah pH tanah, potensial redoks serta ada tidaknya substrat yang bersifat racun.

Sebagai habitat mikrobia, tanah dihuni oleh lebih satu jenis mikroorganisme dengan berbagai ragam spesiesnya. Sesama mikroorganisme saling mempengaru-hi, saling bergantung dan bahkan tidak jarang satu dengan yang lain melakukan persaingan dalam rangka mempertahankan hidupnya.

Di dalam tanah, mikroorganisme tidak saja berinteraksi dengan sesama mikro-organisme, tetapi juga dengan organisme tingkat tinggi seperti dengan tanaman yang tumbuh di sekitarnya. Dalam hal ini akar tanaman akan membebaskan sejumlah senyawa organik yang bermanfaat sebagai sumber karbon dan energi bagi kehidupan mikroorganisme, meskipun terdapat juga senyawa yang bersifat meracun bagi satu jenis mikroorganisme tertentu. Adanya senyawa meracun akan menyebabkan pertumbuhan atau aktivitas mikroorganisme dalam memperbaiki tingkat ketersediaan unsur hara bagi tanaman sekaligus penyerapannya oleh tanaman akan terhambat atau bahkan terhenti.

Interaksi Antar Mikroorganisme

Populasi mikroorganisme yang mendiami suatu tanah biasanya lebih dari satu jenis mikroorganisme. Antara sesama mikroorganisme akan

saling berinteraksi, baik interaksi netral, positif dan dapat pula bersifat negatif. Bentuk interaksi netral selalu terjadi secara teratur, dan bersifat sangat alami. Kehadiran satu populasi dalam interaksi netral tidak mempunyai pengaruh langsung terhadap kehidupan dan perkembangan populasi yang lain.

Interaksi yang saling memberikan pengaruh positif pada masing-masing populasi dikenal sebagai bentuk simbiosis, baik dalam bentuk *mutualisme* maupun *protokooperatif*. Bentuk interaksi kebalikannya, dikenal dengan pola kehidupan *antagonisme* yaitu bentuk interaksi satu merugikan yang lain, apakah dalam bentuk *parasitisme* atau *amensalisme*.

Bentuk asosiasi antara mikroorganisme di dalam tanah, dapat saja berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain, perubahan ini dapat terjadi karena perjalanan waktu ataupun karena perubahan lingkungan. Contoh laju pertumbuhan per individu pemangsa (*predator*) yang paling tinggi terjadi pada saat kepadatan yang tinggi, dan pada saat itu laju pertumbuhan populasi mangsa menjadi negatif. Namun demikian, pada saat populasi mangsa turun di bawah ambang batas, populasi predator juga turun dan pada saat itu kompleksitas habitat memberikan kesempatan mereka hidup secara bersama.

Pengaruh *asosiatif* dan atau *antagonistik* di antara berbagai mikroorganisme dalam kehidupan dan perkembangannya di dalam tanah berlangsung sebagai akibat dari (1) perubahan ketersediaan nutrisi, (2) perubahan faktor lingkungan, (3) ketergantungan hidup mikroorganisme tertentu atas yang lain

Kehidupan bersama antara bakteri perombak selulosa dengan bakteri autotrof dan atau heterotrof yang lain merupakan bentuk asosiasi komensalisme yang berdasarkan pada ketersediaan nutrisi. Bakteri perombak selulosa akan meng-hasilkan produk senyawa anorganik, asam organik serta produk senyawa antara yang esensial bagi berbagai aktivitas mikroorganisme non perombak selulosa.

Kehidupan bersama antara bakteri *anaerobik* dengan bakteri *aerobik* merupakan contoh baik untuk melihat pola komensalisme yang mendasarkan pada perubahan lingkungan. Bakteri aerobik akan mengkonsumsi oksigen bebas dari dalam tanah, sehingga tercipta kondisi yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme anerobik.

Kehidupan bersama antara bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* merupakan contoh ketergantungan hidup mikroorganisme tertentu atas yang lain. Bakteri *Nitrosomonas* mengoksidasi ammonia ke bentuk nitrit. Senyawa yang terakhir ini merupakan satu-satunya senyawa N yang diperlukan bagi kegiatan bakteri *Nitrobacter* untuk membentuk nitrat. Bakteri ini tidak mampu menggunakan sumber energi yang lain.

Persaingan dalam memperoleh nutrisi, sebagaimana yang terjadi antara bakteri dan jamur merupakan contoh umum dari pengaruh antagonistik dalam pola kompetisi. Hal demikian terjadi pula dalam golongan mikrobia yang sama, misal antara inokulum yang dimasukkan ke dalam tanah (*Azospirillum*) dengan strain-strain *Azospirillum* yang terdapat di dalam tanah.

Interaksi Antara Mikroorganisme dengan Tanaman

Kehidupan bersama antara mikroorganisme dan tanaman berlangsung di daerah perakaran tanaman, karena di daerah inilah tersedia sejumlah senyawa yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk kehidupan dan aktivitasnya. Senyawa tersebut berupa eksudat akar yang bermanfaat sebagai sumber C, N dan energi bagi mikroorganisme, mulai dari bentuk senyawa organik sederhana sampai dengan senyawa organik kompleks. Perbaikan kehidupan dan perkembangan mikroorganisme sebagai akibat adanya eksudat akar dikenal dengan istilah *rhizosfer effect*. Umumnya jenis mikroorganisme yang mendiami daerah perakaran tidak berbeda dengan mikroorganisme yang tinggal di dalam tanah, hanya saja populasi di daerah perakaran jauh lebih tinggi.

Akar tanaman sangat mempengaruhi kehidupan bakteri dari pada pengaruhnya terhadap jamur, khususnya bakteri *gram negatif*. Bakteri-

bakteri *gram positif* menunjukkan penurunan jumlah di daerah perakaran. Pengaruh perakaran terhadap jamur bersifat selektif, artinya akar tanaman hanya menstimulasi kehidupan jamur tersebut.

Di daerah perakaran, tingkat kerapatan bakteri ini dapat berubah-ubah sejalan dengan perubahan kondisi lingkungan di sekitarnya. Perubahan itu dapat terjadi karena pemberian bahan pembenah tanah (misalnya bahan organik), aplikasi pupuk daun, pemberian pestisida dan inokulasi bakteri pada benih ataupun langsung dalam tanah

Mikroorganisme yang berkembang di daerah perakaran memiliki sifat hidup yang beragam yakni bersifat non simbiotik dan simbiotik. Pola hidup bagi mikroorganisme yang non simbiotik dapat bersifat bebas atau berasosiasi dengan tanaman. Contoh, beberapa bakteri yang tergolong hidup bebas antara lain *Azotobacter*, *Beijirinckia*, *Mycobacterium*, *Arthrobacter*, *Bacillus*; *Pseudomonas, Klebsiella, Clostridium, dan Rhodospirillum*. Untuk kelompok mikroorganisme ini, akan memanfaatkan berbagai macam senyawa organik (mulai dari senyawa organik sederhana hingga yang komplek) sebagai sumber karbon dan energi. Senyawa organik dimaksud antara lain monosakarida, disakarida dan polisakarida, asam-asam organik dari asam lemak, asam organik aromatik, etil alkohol, gliserol, mannitol serta asam-asam organik yang mudah menguap.

Berbeda halnya dengan mikroorganisme yang hidup berasosiasi dengan tanaman. Asosiasi mikroorganisme pada tanaman dapat juga berlangsung di *endorhizosfer* atau di *ektorhizosfer*. Perkembangan dan aktifitas hidupnya sangat bergantung pada kesesuaian jenis tanaman. Hal ini dikarenakan ada spesifikasi senyawa organik yang diperlukan oleh mikrobia sebagai sumber C, N dan energi. Sementara senyawa dimaksud hanya terdapat dalam eksudat akar tanaman tertentu. Suatu contoh, *Azospirillum brasilensis* akan terpacu perkembangan dan aktivitasnya apabila berasosiasi dengan tanaman C4, karena dalam eksudat tanaman C4 terkandung asam malat yang berguna sebagai sumber energi utama.

Makrofauna dalam Kesuburan Tanah

Perhatikan Gambar 1.35 berikut ini. Gambar ini menunjukkan berbagai jenis makrofauna yang hidup di dalam tanah. Apa dan bagaimana peran makrofauna di dalam tanah dikaitkan dengan kesuburan tanah ?



Gambar 1.35. Berbagai Jenis Makrofauna

Organisme tanah (mikrofauna, makrofauna dan mikroflora) memiliki peranan penting dalam kesuburan tanah. Aktivitasnya sebagai pengendali kesuburan tanah ditunjukkan dengan memperbaiki beberapa sifat fisik tanah yang meliputi (1) struktur tanah, (2) tekstur dan konsistensi tanah, (3) retensi dan pergerakan air, serta (4) pertukaran gas.

Secara kimiawi terjadi pula perubahan sifat tanah yang meliputi (1) kandungan hara tersedia, (2) meningkatnya kapasitas tukar kation, (3) pH dan kandungan C organik. Perubahan sifat tanah tersebut merupakan akibat aktivitas makrofauna dalam mempengaruhi proses (1) humifikasi dan mineralisasi bahan organik tanah, (2) pencampuran dan pengadukan tanah, (3) pembentukan pori makro dan total pori.

Makrofauna sebagai pencampur dan pengaduk tanah, akan memacu perubahan struktur tanah yang semula bersifat kompak dan masif menjadi tanah yang bertekstur remah. Pengadukan tanah bagian bawah dengan bagian atas (*bioturbasi*) menyebabkan adanya translokasi fraksi

tanah berukuran halus dari bagian bawah ke permukaan tanah. Di samping itu, bekas tempat yang dilewatinya akan membentuk liang-liang (lubang saluran), yang bermanfaat sebagai lalu lintas pertukaran udara dan pergerakan infiltrasi air. Kemampuan mikrobia sebagai pembenah sifat-sifat tanah, mengisyaratkan bahwa kehadiran makrofauna dalam tanah sangat diperlukan untuk menjamin terciptanya lingkungan hidup yang nyaman bagi tanaman dan mikrobia yang sedang tumbuh.

Keberadaan makrofauna di dalam tanah mempercepat dekomposisi bahan organik. Bahan organik segar merupakan pakan bagi makrofauna. Melalui pencernaannya terjadi penguraian bahan organik, dan sebagian hasil pengurainya dibebaskan kembali ke tanah dalam bentuk kotoran yang dihasilkannya. Kotoran makrofauna umumnya berisi C organik dan unsur tersedia yang lebih tinggi dibandingkan tanah disekitarnya. Namun demikian komposisi kimia kotoran makrofauna sangat beragam, bergantung pada jenis makrofaunanya, jenis dan jumlah pakannya serta jenis tanahnya.

Dewasa ini kajian mengenai manfaat makrofauna sebagai pembenah kesuburan tanah belum seintensif pada mikrobia. Hanya terdapat beberapa makrofauna yang telah mendapatkan perhatian yang lebih serius. Pada wilayah beriklim basah kajian mengenai makrofauna tersebut terpusat pada cacing tanah, karena cacing tanahlah yang merupakan makrofauna dominan pada lingkungan tersebut. Sekalipun demikian kepadatan populasi, komposisi spesies dan sifat-sifat kotoran cacing sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban tanah, tipe tanah dan macam vegetasi. Di daerah beriklim kering, makrofauna yang telah banyak mendapat perhatian adalah rayap, yang merupakan makrofauna dominan pada tempat tersebut. Aktivitas rayap dalam membenahi sifat-sifat tanah sangat bergantung pada iklim, jenis tanah, jenis tanaman dan penggunaan lahan.

Beberapa sifat fisik tanah yang terbenahi oleh aktivitas cacing tanah adalah (1) terbentuknya pori makro akibat dari terbentuknya liang

cacing, (2) terciptanya struktur tanah yang remah, (3) menurunnya bobot isi tanah dan (4) meningkatnya daya simpan air. Terbentuknya liang cacing tanah mengakibatkan terciptanya pori makro yang berkesinambungan dan stabil. Lubang ini memfasilitasi pertukaran udara dan infiltrasi air. kecepatan dan akumulasi infiltrasi pada tanah yang diberikan masukan cacing lebih besar dari pada tanpa cacing tanah. Akumulasi air tersebut akan semakin besar apabila disertai pemberian mulsa.

Melalui pergerakan cacing tanah akan terjadi perombakan struktur tanah yang semula bersifat kompak dan masif menjadi tanah berstruktur remah. Hal ini dapat dilihat dengan memperbandingkan struktur pada tanah yang tidak didiami cacing dengan tanah yang didiami cacing. Pada tanah yang tidak didiami cacing umumnya memiliki sifat-sifat sebagai berikut, (1) tanah berstruktur masif, (2) retensi air rendah, (3) bobot isi tanah tinggi.

Selain pergerakan cacing tanah, kotoran yang dihasilkannya juga berpengaruh positif terhadap beberapa sifat fisik tanah, seperti meningkatnya daya simpan air dan menurunnya bobot isi tanah. Meningkatnya daya simpan air disebabkan oleh kandungan liat yang relative tinggi disertai dengan total pori yang relatif besar pada kotoran cacing jika dibandingkan dengan tanah disekitarnya.

Kotoran cacing mengandung air yang lebih tinggi dari pada tanah disekitarnya pada tingkat tegangan air yang sama. Penambahan kotoran cacing mampu menurunkan bobot isi tanah sekitar 7% dari tanah yang tanpa adanya kotoran cacing.

Cacing tanah juga berkerja sama dengan mikrobia dalam pembentukan agregat. Hal ini terkait dengan adanya sisa-sisa organik yang tidak dapat dicerna oleh cacing secara sempurna akan didegradasi lanjut oleh bagi mikroorganisme tanah. Hasil dekomposisi oleh mikroorganisme dan atau senyawa organik hasil bentukan mikroorganisme akan memantapkan pembentukan struktur remah yang dilakukan oleh cacing.

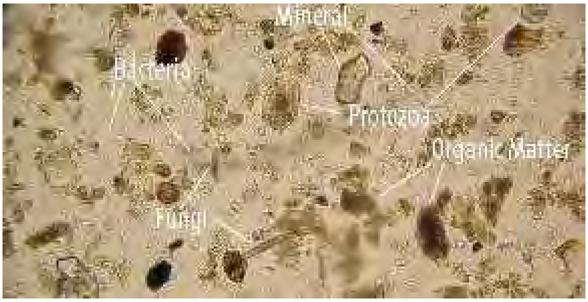
Masuknya cacing ke dalam tanah mengakibatkan perubahan beberapa sifat kimia tanah yang meliputi (1) meningkatnya kandungan bahan organik, (2) mening-katkan kandungan unsur hara tersedia, dan (3) meningkatkan kapasitas tukar kation. Hal ini disebabkan kotoran cacing tanah mengandung lebih banyak unsur hara dan C organik dari pada tanah aslinya.

Tabel 1.4. Komposisi kandungan hara dan C organik dalam kotoran cacing tanah dan dalam tanah.

Sifat-sifat kimia	Kotoran cacing	Tanah
pH (1:1)	5,3	5,7
KTK (me per 100 g)	17,7	4,5
Ca^{2+} (me per 100 g)	12,2	2,7
Mg^{2+} (me per 100 g)	4,3	1,3
K^{+} (me per 100 g)	0,7	0,2
Na^{+} (me per 100 g)	0,16	0,07
Bray P (ppm)	12,6	4,5
Total N (%)	0,38	0,15
C organik (%)	3,10	1,08

Mikroorganisme dalam Kesuburan Tanah

Perhatikan Gambar 1.36 berikut ini. Gambar ini menunjukkan berbagai jenis mikroorganisme dalam tanah yang berpengaruh dalam menigkatkan kesuburan tanah. Apa dan bagaimana peran mikroorganisme tersebut dalam meningkatkan kesuburan tanah ?



Gambar 1.36 Mikroorganisme Tanah

Peranan mikroorganisme dalam kesuburan tanah ditunjukkan dengan aktivitasnya dalam memperbaiki, (1) struktur tanah dan (2) ketersediaan hara tanaman. Berkaitan dengan pembentukan struktur remah, mikroorganisme berperan sebagai pembangun agregat tanah yang mantap. Dalam proses pembentukan agragasi tanah diperlukan adanya bahan-bahan perekat anorganik (seperti Fe, liat, oksidasi besi, alumunium dan kapur) dan bahan organik (senyawa-senyawa organik bentukan mikroorganisme ataupun hasil dekomposisi bahan organik). Senyawa-senyawa tersebut mengikat butiran tanah, baik dari bentuk koogulasi tanah ke dalam agregat mikro, serta sementasi agregat mikro ke dalam agregat makro. Dalam kaitannya dengan peningkatan ketersediaan hara, mikroorganisme berfungsi sebagai mempercepat dekomposisi bahan organik dan sebagai pemacu tingkat kelarutan senyawa anorganik yang tidak tersedia menjadi bentuk tersedia. Hal ini dapat berlangsung karena adanya metabolik sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme berupa enzim-enzim tanah dan beberapa senyawa organik yang berguna sebagai pelarut.

Pembentukan agregat tanah oleh mikroorganisme, dapat terjadi (1) melalui pengikatan mekanik oleh sel bakteri, aktinomesetes dan hifa jamur, dan (2) melalui pengikatan yang dipelantarai oleh senyawa-senyawa organik yang dihasilkannya ataupun hasil dekomposisi bahan organik. Pengikatan secara mekanik terutama dilakukan oleh jamur dan aktinomisetes, karena mikro organisme ini memiliki filamen yang

berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel tanah untuk membentuk struktur yang remah. Hal ini tidak berarti bahwa kedua mikoflora tersebut tidak menghasilkan bahan perekt kimiawi. Mekanisme pembentukan agregat oleh jamur dan *aktinomisetes* adalah 50% berlangsung secara mekanik dan 50% lagi berlangsung dengan menggunakan bahan perekat dari senyawa oeganik yang dihasilkannya. Berbeda halnya dengan jamur dan aktinomisetes, bakteri lebih banyak melakukan pengikatan partikel tanah dengan menggunakan senyawa organik yang dihasilkannya dari pada melakukan pengikatan secara mekanik, dengan perbandingan 80% dan 20%.

Efektivitas mikroorganisme dalam pembentukan agregat tanah sangat bergantung pada (1) sifat bahan organik yang tersedia, (2) jenis mikroorganisme dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitasnya. Umumnya bahan organik yang mudah terdekomposisi, kurang efektif untuk agregasi tanah. Oleh karenanya jika memasukkan bahan organik ke dalam tanah dengan tujuan sebagai pembenah agregat, maka diperlukan bahan organik yang bernisbah C/N tinggi disertai nisbah lignin/selulose juga tinggi. Contoh bahan organik berikut ini memiliki urutan efektivitas dari yang tinggi ke rendah masing-masing adalah jerami, pupuk kandang dan tanaman leguminosa. Perlu diketahui juga bahwa apabila bahan organik yang mudah terdekomposisi dimasukkan ke dalam tanah, agregasi segera berlangsung setelah waktu penambahan, tetapi dengan cepat, setelah mencapai maksimum, agregasi menurun. Berdasarkan pada penjelasan di atas, terdapat hubungan yang sangat erat antara tanah sebagai habitat organisme tanah dengan pertanian, khususnya kesuburan tanah.

2.3 Porositas Tanah

Perhatikan Gambar 1.33 berikut ini. Gambar ini menunjukkan suatu lahan sawah yang selalu tergenang atau jika ditinjau dari segi porositas adalah lahan dengan porositas yang jelek, karena pada lahan tersebut tidak lagi memiliki pori-pori tanah. Kondisi tanah yang demikian, jika digunakan untuk kegiatan budidaya tanaman padi, maka tidak akan

berpengaruh buruk terhadap pertumbuhan tanaman padi, karena tanaman padi adalah jenis tanaman yang menghendaki kondisi tergenang untuk pertumbuhannya. Tetapi jika tanah tersebut akan digunakan untuk budidaya tanaman jagung, cabe atau tanaman palawija lainnya, maka tanah yang tidak memiliki pori-pori tanah tidak cocok, bahkan tanaman akan mati, karena kondisi tergenang. Untuk budidaya tanaman palawija umumnya yang dikehendaki adalah tanah dengan porositas yang baik, yaitu memiliki cukup pori-pori tanah makro dan mikro.



Gambar 1. 37. Tanah Sawah dengan Porositas Buruk

Apa yang dimaksud dengan porositas tanah?. Bagaimana peran porositas bagi tanaman dan bagaimana cara menentukan porositas tanah. Dalam kegiatan pembelajaran ini akan dibahas secara rinci.

Pengertian Porositas Tanah

Porositas adalah proporsi ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah yang baik. Tanah yang *poreus* berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara, sehingga air dan udara dapat masuk dan keluar tanah secara leluasa. Sedangkan suatu tanah tidak porous atau tidak mempunyai ruang pori, jika air dan udara tidak dapat secara leluasa keluar dan masuk ke tanah, hal ini ditandai dengan kondisi tanah yang tergenang seperti terlihat pada Gambar 1. 37 di atas.

Jenis-Jenis Porositas Tanah

Porositas tanah atau biasa disebut pori-pori tanah adalah bagian ruang kosong dalam tanah yang tidak terisi bahan padat, tetapi terisi oleh air dan udara. Berdasarkan diameter ruangnya, pori-pori tanah dibagi menjadi 3 kelas, yaitu: (1) pori makro jika pori tanah berdiameter > 90 µm, (2) pori sedang jika pori berdiameter (90 - 30 µm), dan (3) pori mikro jika pori tanah berdiameter (< 30 µm).

Pori-pori makro terisi oleh udara atau air gravitasi yaitu air yang mudah hilang karena gaya gravitasi, sedangkan pori-pori mikro berisi udara dan air kapiler. Tanah-tanah yang memiliki pori-pori makro yang banyak, sulit untuk menahan air sehingga tanaman mudah mengalami kekeringan. Dengan kata lain, jika suatu didominasi oleh fraksi liat, maka pori-pori mikronya semakin banyak dan semakin baik untuk penanaman tanaman, karena dapat menahan air yang banyak.

Berdasarkan pengaruhnya terhadap air dibedakan menjadi 5 kelas, yaitu: (1) pori pengikat jika berdiameter < 0,005 µm, (2) pori residual (0,005 - 0,1 µm), (3) pori penyimpan (0,1 - 50 µm), (4) pori transmisi (50 - 500 µm), dan (5) celah (>500 µm).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Porositas Tanah

Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (1) kandungan bahan organik, (2) tekstur tanah, dan (3) struktur tanah.

Pengaruh Bahan Organik

Kandungan bahan organik dalam tanah akan mempengaruhi porositas tanah, karena dengan adanya bahan organik akan terjadi proses granulasi dan pembentukan pori-pori tanah. Porositas tanah akan tinggi, jika kandungan bahan organik tanah tinggi. Tanah-tanah dengan struktur granular atau remah, mempunyai porositas yang tinggi jika dibandingkan dengan tanah yang berstruktur padat. Tanah dengan tekstur pasir banyak mempunyai pori-pori makro sehingga sulit untuk menahan air.

Pengaruh Tekstur dan Struktur Tanah

Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yang salah satu diantaranya adalah keadaan tekstur tanah. Tanah yang bertekstur ganuler atau remah memiliki tingkat porositas yang lebih tinggi daripada tanah yang berstruktur padat atau massive dengan tingkat porositas tanah yang kecil. Kedua tipe struktur tanah tersebut memiliki perbedaan dalam hal ruang pori yang didalamnya terdapat air dan udara. Tanah yang bertekstur ganuler memiliki ruang pori tanah yang besar berisi udara dan kadar air yang lebih, sehingga menunjang pertumbuhan tanaman, sedangkan tanah berstruktur padat dengan tingkat pori yang lebih kecil serta kandungan air yang sedikit dan sangat mudah untuk hilang sehingga tanaman mudah kering.

Porositas suatu lapisan tanah juga dipengaruhi oleh ada tidaknya perkembangan struktur granular. Pada tiap lapisan horizon tanah yang akan memberikan hasil porositas total yang tinggi dan dapat meningkatkan jumlah pori mikro dan pori makro suatu lapisan tanah. Sehingga, pada suatu lapisan tanah dengan struktur remah akan sangat berpengaruh dalam penentuan porositas, karena dengan struktur tanah tersebut umumnya mempunyai porositas yang besar.

Besarnya nilai porositas tanah berbanding lurus dengan besar kecilnya struktur tanah. Tanah dengan struktur butiran, tingkat porositas akan semakin tinggi, sedangkan bilamana struktur tanah padat maka nilai porositasnya juga akan menurun.

Perlakuan pada tanah juga akan memberi pengaruh yang nyata terhadap ruang pori lapisan tanah. Tanah-tanah yang ditanami, cenderung mempunyai ruang pori yang rendah, jika dibandingkan dengan tanah asli. Pengurangan ini biasanya dihubungkan dengan menurunnya kandungan bahan organik yang menyebabkan kurangnya butiran-butiran tanah. Jumlah pori dalam sub soil tanah pertanaman menjadi berkurang meskipun berkurangnya agak lambat. Penanaman

secara terus-menerus terutama pada tanah yang mula-mula tinggi bahan organiknya kerap kali mengakibatkan pengurangan pori-pori makro. Pengolahan dan penanaman, jelas akan mengurangi jumlah total ruang pori. Hal ini diikuti dengan kenaikan pori-pori mikro yang kurang lebih sebanding.

Salah satu tujuan dilakukan pengolahan tanah adalah untuk memperbesar porositas tanah. Selain pengolahan tanah, adapun cara lain yang dilakukan untuk memperbesar porositas tanah yaitu dengan penambahan bahan organik dan pengolahan tanah secara minimum. Karena tanah pertanian dengan pengolahan yang intensif cenderung mempunyai ruang pori yang rendah. Apabila terjadi penanaman secara terus-menerus tanpa adanya pengolahan tanah, maka akan mengurangi pori-pori mikro dan kandungan bahan organik di dalam tanah.

Nilai porositas suatu tanah memiliki hubungan dengan *bulk density* dan *particle density*. Jika kita telah mengetahui nilai *bulk density* dan *particle density* suatu tanah, maka akan memudahkan kita untuk mengetahui kadar air dan udara yang terdapat dalam pori tanah, sehingga dengan mudah dapat ditentukan kapan suatu tanah itu perlu diberikan air atau udara yang terdapat dalam pori tanah agar keadaannya tetap gembur. Apabila suatu tanah memiliki total ruang pori yang sedikit, maka tanaman yang tumbuh di atasnya akan kekurangan oksigen, karena sulitnya pertukaran gas atau udara dengan total ruang pori yang terlalu sedikit.

Adapun hubungan antara bulk density dan porositas adalah terbalik, dimana makin tinggi nilai bulk densitynya makin rendah nilai porositasnya. Sedangkan porositas sebanding dengan partikel density, dimana makin tinggi nilai partikel density maka makin tinggi pula nilai porositas.

Porositas dapat ditentukan melalui dua cara, yaitu:

1. Selisih bobot tanah jenuh dengan bobot tanah kering oven, misalnya bobot tanah jenuh = 100 gcm^{-3} dan bobot tanah kering oven = 50 gcm^{-3}, maka berarti ruang pori total tanah = 100% x (100 – 50) = 50%, atau

2. Nisbah BI:BP adalah ukuran volume tanah yang ditempati bahan padat, misalnya tanah mempunyai BI = 1,3 gcm^{-3} dan BP = 2,6 gcm^{-3}, maka proporsi bahan padat tanah = (1,3 : 2,6) x 100% = 50% dan ruang pori total = 100% - 50% = 50%.

Dalam hal porositas persatuan volume tanah ini ada tiga fenomena yang perlu diperhatikan secara cermat, yaitu:

1. Dominasi fraksi pasir akan menyebabkan terbentuknya pori-pori makro (dari 5.700 partikel per gram tanah terbentuk sekitar 1.400 pori makro), sehingga luas permukaan yang disentuh bahan menjadi sangat sempit (hanya 45 cm^2 per gram tanah), sehingga daya ikatnya terhadap air sangat lemah. Kondisi ini menyebabkan air dan udara masuk dan keluar tanah, hanya sedikit air yang tertahan. Pada kondisi kapasitas lapang, sebagian besar ruang pori terisi oleh udara sehingga pori makro disebut juga pori aerasi atau pori drainase.
2. Dominasi fraksi liat akan menyebabkan terbentuknya banyak pori-pori mikro (dari 90.250.853 juta partikel per gram tanah terbentuk sekitar 22.500 juta pori mikro), sehingga permukaan sentuhnya menjadi sangat luas (8 juta cm^2 per gram tanah, hampir 200.000 kali liat), sehingga daya pegang terhadap air sangat kuat. Kondisi ini menyebabkan yang masuk ke pori-pori segera terperangkap dan udara masuk. Pada kondisi lapangan, sebagian besar ruang pori terisi air, sehingga pori-pori mikro ini disebut juga pori kapiler. Dengan demikian, meskipun ketersediaan air dan unsur hara baik, maka keterbatasan ketersediaan udara akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman dan mikrobia tanah.
3. Dominasi fraksi debu akan menyebabkan terbentuknya pori berukuran sedang dalam jumlah sedang (dari 5,776 juta partikel per gram tanah terbentuk sekitar 1.250 pori meso), sehingga luas bidang sentuhnya menjadi cukup luas (454 cm^2 per g tanah).

Dari tabel tersebut dapat dilihat daya pegang terhadap air yang cukup kuat. Hal ini menyebabkan air dan udara cukup mudah masuk dan keluar

tanah, sebagian air akan tertahan. Di lapangan, sebagian besar ruang pori terisi oleh udara dan air dalam jumlah yang seimbang, sehingga pori-pori meso termasuk juga pori drainase, sehingga cukup permeabel.

Tabel 1.5. Kelas permeabilitas dan perkolasi tanah

Kelas	Permeabilitas (mm/jam)	Perkolasi (menit/inchi)
Lambat		
1. Sangat lambat	< 1.25	< 1.20
2. Lambat	1.25 – 5.0	300 – 1200
Sedang		
3. Agak lambat	5.0 - 16	75 – 300
4. Sedang	16 – 50	24 – 75
5. Agak cepat	50 – 160	12 – 24
Cepat		
6. Cepat	160 – 250	6- 24
7. Sangat cepat	> 250	<6

Dari penjelasan di atas menunjukkan susunan pori-pori tanah yang ideal adalah sebagaimana kondisi ke-2, tetapi bukan semata-mata terbentuk oleh fraksi debu, namun harus berasal dari kombinasi fraksi pasir, debu, dan liat dalam komposisi yang ideal, yaitu pada tanah bertekstur lempung, agar ketersediaan air, udara, dan nutrisinya optimum. Dari ketiga fenomena tersebut, terlihat bahwa porositas mencerminkan tingkat porositas tanah untuk dilalui aliran massa air (perme-abilitas, jarak per waktu) atau kecepatan aliran air untuk melewati massa tanah (perkolasi, waktu per jarak).

Kedua indikator ini ditentukan oleh semacam pipa berukuran non kapiler (yang terbentuk dari pori-pori makro dan meso yang berhubungan secara kontinu) di dalam tanah. Kecepatan gerakan aliran air dalam pipa kapiler meningkat pangkat empat dari kenaikan ukuran radiusnya, jika diameter pipa 2 cm dilipatduakan (4 cm) maka kecepatan gerakan aliran air menjadi $(4 - 2)^4$ atau 16 kali.

Jika dihubungkan dengan tekstur tanah, maka permeabilitas atau perkolasi:

1. Lambat merupakan sifat tanah bertekstur halus atau tanah mengandung minimal 37,5% liat atau bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir, sedang merupakan sifat tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari:
   - Tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir atau lempung berpasir halus.
   - Tanah bertekstur sedang meliputi yang bertekstur lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu atau debu.
   - Tanah bertekstur sedang tetapi agak halus mencakup lempung liat, lempung liat berpasir atau lempung liat berdebu.
2. Cepat merupakan karakter tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir, yaitu tanah yang mengandung minimal 70% pasir atau bertekstur pasir atau pasir berlempung.

Kemudian apabila dikaitkan dengan praktik pemupukan atau amelioran (bahan penyubur tanah, seperti kapur dan pupuk organik), maka pada tanah yang memiliki permeabilitas dan berperkolasi cepat, bahan-bahan yang diberikan akan cepat hilang sehingga menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, dalam rekomendasi pemupukan antisipasi hal ini harus diperhitungkan.

Laju infiltrasi atau masuknya air hujan atau irigasi dan perkolasinya dalam tanah dipengaruhi oleh jenis tanaman yang tumbuh di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa, dengan semakin rapatnya perakaran tanaman ternyata mendorong laju infiltrasi air hujan, air irigasi dan laju perkolasinya di dalam tanah.

Pengaruh Porositas Terhadap Produktivitas Tanaman Pertanian

Porositas tanah sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah, karena jika pori-pori didalam tanah kurang, maka kandungan udara atau oksigen didalam tanah juga akan berkurang, dan proses respirasi tanaman akan terhambat. Ada beberapa pengaruh, jika tanah memiliki pori yang baik, yaitu memaksimalkan penyerapan air, memberi banyak

persediaan air dalam tanah, mengurangi resiko air tergenang, menampung air hujan sehingga tidak terbuang kelaut sia-sia, menyelamatkan kehidupan biota tanah, dan lain-lain. Dengan adanya porositas tanah yang baik maka pertumbuhan tanaman juga baik karena banyak persediaan air dalam tanah, sehingga pertumbuhan tanaman beserta hasil produksinya banyak dan memiliki kualitas yang baik, produktivitas tanaman pertanian bisa meningkat dan lebih memajukan pertanian.

Aerasi Tanah

Aerasi tanah merupakan istilah yang mengindikasikan kondisi tata udara (keluar dan masuknya udara) dalam tanah. Aerasi baik, berarti keluar masuknya udara dari dan ke dalam tanah terjadi tanpa hambatan, sedangkan aerasi buruk berarti sebaliknya. Pada tanah beraerasi buruk, akan terjadi penghambatan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman akibat tertekannya (1) pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanaman; (2) respirasi akar, (3) penyerapan air dan unsur hara, (4) aktivitas mikrobia yang terkait dengan kesuburan tanah.

Hal ini sangat erat kaitannya dengan proses respirasi akar tanaman yang menyerap O_2 dari udara tanah dan melepaskan CO_2, sehingga jika aerasi buruk akan terjadi akumulasi CO_2 dan kekurangan O_2. Akibatnya respirasi akar dan aktivitas mikrobia aerobik yang membutuhkan oksigen yang terlibat dalam penyediaan hara akan terganggu. Apabila respirasi terganggu, maka penyerapan hara melalui mekanisme aktif yang membutuhkan energi kimiawi hasil proses respirasi juga akan terhambat. Kemudian secara keseluruhan akan menghambat perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman.

Susunan gas-gas dalam udara tanah dan atmosfer secara umum adalah seperti tertera pada Tabel 1.6. Pada kondisi aerasi baik, kadar CO_2 udara tanah lebih tinggi 6 sampai 7 kali (jika aerasi buruk dapat hingga 10 sampai 100 kali). Kadar Oksigen lebih rendah dan kadar N lebih tinggi dari pada atmosfer. Hal ini di samping disebabkan oleh, (1) adanya

respirasi akar (mikroflora fotosintetik dan fauna tanah), (2) aktivitas mikrobia dalam dekomposisi bahan organik yang melepaskan gas CO_2, dan N, (*denitrifikasi*), serta fiksasi N oleh bakteri rhizobium, CO_2 oleh mikrobia heterotrofik dan O_2 oleh mikrobia aerobik, (3) kecenderungan udara yang mengalir dari suhu tinggi (tanah) ke suhu udara (atmosfer) terutama di malam hari dan sebaliknya di siang hari, (4) adanya gas-gas yang berdifusi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah (N, dan CO_2 dari tanah ke udara dan O_2 dari udara ke tanah).

Tabel 1.6. Pengaruh jenis tanaman terhadap infiltrasi dan perkolasi di dalam tanah (cm/jam)

Jenis tanaman	Laju infiltrasi	Laju perkolasi
Rerumputan *(Pennisetum* dan P*aspallum)*	10,8	37,3
Leguminosae *(pueraria)*	9,9	28,9
Tanaman pangan	9,0	24,1

Umumnya tanaman yang tumbuh normal pada udara tanah yang mengandung lebih dari 10% oksigen, idealnya sekitar 21%. Jika kadar oksigen di bawah 10% pertumbuhan akan terhambat dan akan berhenti sama sekali apabila kadarnya kurang dari 2%.

Laju difusi oksigen yang masuk ke dalam air adalah 10 ribu lebih kecil dari pada ke udara tanah, sehingga peningkatan kadar air tanah akan menghambat masuknya oksigen ini yang kemudian menyebabkan tertekannya respirasi akar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, akar kebanyakan tanaman ideal dengan laju difusi oksigen 20×10^{-8} $cm^{-2}menit^{-1}$ tidak mampu masuk ke dalam tanah. Jika laju difusi kurang dari 20×10^{-8} $cm^{-2}menit^{-1}$, dan pada kondisi jenuh air, maka terjadi kekurangan oksigen yang menyebabkan tanaman mati. Pada kacang kapri dan tomat, defisiensi oksigen selama 24 jam saja telah menghambat pertumbuhannya. Pada tomat terlihat setelah 10-15 hari kemudian dengan penurunan bobot hingga 50%, yang baru pulih kembali setelah 30 hari. Pada kacang kapri terjadi pada

45-50 hari kemudian dengan penurunan bobot hingga 25%, yang baru pulih setelah 70 hari. Urutan kepekaan tanaman terhadap aerasi tanah yang buruk atau kekurangan oksigen adalah sebagai berikut:

Gas	**Komposisi (%)**	
	Udara tanah	Atmosfer
N_2	79,20	79,00
O_2	20,60	20,97
CO_2	0,20	0,03

1. Tanaman yang peka yaitu tomat, kentang, biet gula, kacang polong dan barlei.
2. Tanaman yang tingkat kepekaannya sedang adalah jagung, gandum, oat, dan kedelai.
3. Tanaman yang agak tahan yaitu tanaman sorgum (dapat terendam beberapa hari), rumput sudan dan reed canary.
4. Tanaman yang tolerans (tahan) yaitu padi dan beberapa tanaman yang dapat menyerap udara ke dalam perakarannya yang tenggelam. Pada tanaman padi mekanisme ini terjadi karena adanya *interkoneksi* pembuluh udara dalam korteks, yang dapat menyuplai oksigen dengan syarat batang atas muncul ke udara.

Kadar CO_2 pada udara tanah bervariasi antara 0.1–5.0%, dan jika aerasi buruk kadar CO_2 dapat mencapai hampir 20%. Pada kondisi tergenang suasana reduksi, udara tanah juga banyak mengandung gas methan, hidrogen sulfida dan amoniak. Faktor-faktor yang memengaruhi kadar CO_2-O_2, pada tanah tertera pada Tabel 1.7 yang secara umum konsekuensi terhambat aktivitas akar dan mikrobia, serta diffusi yang menyebabkan naiknya kadar CO_2 dan turunnya kadar O_2.

Tabel 1.7. Komposisi gas-gas dalam udara tanah dan atmosfer

2.4 Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah menunjukkan integrasi antara kekuatan daya kohesi butir-butir tanah dengan daya adhesi butir-butir tanah dengan benda lain. Keadaan tersebut ditunjukkan dari daya tahan tanah terhadap gaya yang akan mengubah bentuk. Gaya yang akan mengubah bentuk tersebut misalnya pencangkulan, pembajakan, dan penggaruan. Tanah-tanah yang mempunyai konsistensi baik umumnya mudah diolah dan tidak melekat pada alat pengolah tanah. Penetapan konsistensi tanah dapat dilakukan dalam tiga kondisi, yaitu, (1) basah, (2) lembab, dan (3) kering.

1. *Konsistensi basah* merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah di atas kapasitas lapang (*field capacity*).
2. *Konsistensi lembab* merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah sekitar kapasitas lapang.
3. *Konsistensi kering* merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah kering udara.

Pada kondisi basah, konsistensi tanah dibedakan berdasarkan tingkat plastisitas dan tingkat kelekatan. Tingkatan plastisitas ditetapkan dari tingkatan sangat plastis, plastis, agak plastis, dan tidak plastis (kaku). Tingkatan kelekatan ditetapkan dari tidak lekat, agak lekat, lekat, dan sangat lekat.

Pada kondisi lembab, konsistensi tanah dibedakan ke dalam tingkat kegemburan sampai dengan tingkat keteguhannya. Konsistensi lembab dinilai mulai dari, (1) lepas, (2) sangat gembur, (3) gembur, (4) teguh, (5) sangat teguh, dan (6) ekstrim teguh. Konsistensi tanah gembur berarti tanah tersebut mudah diolah, sedangkan konsistensi tanah teguh berarti tanah tersebut agak sulit dicangkul.

Pada kondisi kering, konsistensi tanah dibedakan berdasarkan tingkat kekerasan tanah. Konsistensi kering dinilai dalam rentang lunak sampai keras, yaitu meliputi, (1) lepas, (2) lunak, (3) agak keras, (4) keras, (5)

sangat keras, dan (6) ekstrim keras.

Penetapan Konsistensi Tanah

Cara penetapan konsistensi untuk kondisi lembab dan kering ditentukan dengan meremas segumpal tanah. Apabila gumpalan tersebut mudah hancur, maka tanah dinyatakan berkonsistensi gembur untuk kondisi lembab atau lunak untuk kondisi kering. Apabila gumpalan tanah sukar hancur dengan cara remasan tersebut maka tanah dinyatakan berkonsistensi teguh untuk kondisi lembab atau keras untuk kondisi kering.

Dalam keadaan basah ditentukan mudah tidaknya melekat pada jari, yaitu kategori lekat (lengket) atau tidak lekat. Selain itu, dapat pula berdasarkan mudah tidaknya membentuk bulatan, yaitu, (1) mudah membentuk bulatan atau sukar membentuk bulatan, dan kemampuannya mempertahankan bentuk tersebut plastis atau tidak plastis. Secara lebih terinci cara penentuan konsistensi tanah dapat dilakukan sebagai berikut:

Konsistensi Basah

Tingkat Kelekatan yaitu menyatakan tingkat kekuatan daya adhesi antara butir-butir tanah dengan benda lain, ini dibagi 4 kategori, yaitu:

a) Tidak lekat (nilai 0) yaitu dicirikan tidak melekat pada jari tangan atau benda lain.
b) Agak lekat (nilai 1) yaitu dicirikan sedikit melekat pada jari tangan atau benda lain.
c) Lekat (nilai 2) yaitu dicirikan melekat pada jari tangan atau benda lain.
d) Sangat lekat (nilai 3) yaitu dicirikan sangat melekat pada jari tangan atau benda lain.

Tingkat plastisitas yaitu menunjukkan kemampuan tanah membentuk gulungan, ini dibagi 4 kategori, yaitu:

a) Tidak plastis (nilai 0) yaitu dicirikan tidak dapat membentuk gulungan tanah.
b) Agak plastis (nilai 1) yaitu dicirikan hanya dapat dibentuk gulungan tanah kurang dari 1 cm.
c) Plastis (nilai 2) yaitu dicirikan dapat membentuk gulungan tanah lebih dari 1 cm dan diperlukan sedikit tekanan untuk merusak gulungan tersebut.
d) Sangat plastis (nilai 3) yaitu dicirikan dapat membentuk gulungan tanah lebih dari 1 cm dan diperlukan tekanan besar untuk merusak gulungan tersebut.

Konsistensi Lembab

Pada kondisi kadar air tanah sekitar kapasitas lapang, konsistensi dibagi 6 kategori berikut, yaitu:

a) Lepas (nilai 0) yaitu dicirikan tanah tidak melekat satu sama lain atau antar butir tanah mudah terpisah (contoh: tanah bertekstur pasir).
b) Sangat gembur (nilai 1) yaitu dicirikan gumpalan tanah mudah sekali hancur bila diremas.
c) Gembur (nilai 2) yaitu dicirikan dengan hanya sedikit tekanan saat meremas dapat menghancurkan gumpalan tanah.
d) Teguh atau kokoh (nilai 3) yaitu dicirikan dengan diperlukan tekanan agak kuat saat meremas tanah tersebut agar dapat menghancurkan gumpalan tanah.
e) Sangat teguh atau sangat kokoh (nilai 4) yaitu dicirikan dengan diperlukannya tekanan berkali-kali saat meremas tanah agar dapat menghancurkan gumpalan tanah tersebut.
f) Sangat teguh sekali atau luar biasa kokoh (nilai 5) yaitu dicirikan dengan tidak hancurnya gumpalan tanah meskipun sudah ditekan berkali-kali saat meremas tanah dan bahkan diperlukan alat bantu agar dapat menghancurkan gumpalan tanah tersebut.

Konsistensi Kering

Penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah kering udara, ini dibagi 6 kategori sebagai berikut:

a) Lepas (nilai 0), yaitu dicirikan butir-butir tanah mudah dipisah-pisah atau tanah tidak melekat satu sama lain, misalnya tanah bertekstur pasir.
b) Lunak (nilai 1), yaitu dicirikan gumpalan tanah mudah hancur bila diremas atau tanah berkohesi lemah dan rapuh, sehingga jika ditekan sedikit saja akan mudah hancur.
c) Agar keras (nilai 2), yaitu dicirikan gumpalan tanah baru akan hancur jika diberi tekanan pada remasan atau jika hanya mendapat tekanan jari-jari tangan saja belum mampu menghancurkan gumpalan tanah.
d) Keras (nilai 3), yaitu dicirikan dengan makin susah untuk menekan gumpalan tanah dan makin sulitnya gumpalan untuk hancur atau makin diperlukannya tekanan yang lebih kuat untuk dapat menghancurkan gumpalan tanah.
e) Sangat keras (nilai 4), yaitu dicirikan dengan diperlukan tekanan yang lebih kuat lagi untuk dapat menghancurkan gumpalan tanah atau gumpalan tanah makin sangat sulit ditekan dan sangat sulit untuk hancur.
f) Sangat keras sekali atau luar biasa keras (nilai 5), yaitu dicirikan dengan diperlukannya tekanan yang sangat besar sekali agar dapat menghancurkan gumpalan tanah atau gumpalan tanah baru bisa hancur dengan menggunakan alat bantu pemukul.

Beberapa faktor yang mempengaruhi konsistensi tanah, yaitu (1) tekstur tanah, (2) sifat dan jumlah koloid organik dan anorganik tanah, (3) sruktur tanah, dan (4) kadar air tanah.

Liat *montmorrilonit* yang bertipe lempeng 2:1 bersifat lebih plastis dibandingkan liat *kaolinit* yang bertipe lempeng 1:1. Tanah berstruktur baik akan lebih plastis dari pada tanah yang berstuktur remah atau granuler. Batas plastis dapat digunakan sebagai indeks untuk klasifikasi fisika tanah, yaitu:

a) Tanah yang memiliki batas plastis atas tinggi menunjukkan banyak mengandung partikel-partikel yang halus atau berbentuk lempeng.
b) Tanah yang memiliki batas plastis atas tinggi, tetapi memiliki angka plastis rendah menunjukkan banyak mengandung partikel berukuran sedang.
c) Tanah yang memiliki batas plastis atas tinggi dan angka plastis tinggi menunjukkan banyak mengandung partikel berbentuk lempeng.
d) Koefisien permeabilitas liat akan menurun dengan cepat apabila kadar air menurun hingga batas plastis rendah = 0.

Hasil penetapan konsistensi tanah oleh Atterberg atau biasa dikenal dengan istilah konstanta Atterberg dapat digunakan sebagai indeks yang (1) mengindikasikan tingkat akumulasi liat di dalam profil tanah, dan (2) mendasari teknik pengolahan tanah dan perancangan alat-alat mekanisasi pertanian.

2.5 Warna Tanah

Warna tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang lebih banyak digunakan untuk menjelaskan sifat tanah, karena tidak mempunyai pengaruh langsung terhadap tanaman, tetapi secara tidak langsung berpengaruh melalui dampaknya terhadap suhu dan kelembaban tanah. Warna tanah bervariasi dari warna putih, merah, coklat, kelabu, kuning dan hitam, dapat pula kebiruan atau kehijauan. Kebanyakan tanah mempunyai warna yang tidak murni, akan tetapi campuran kelabu, coklat, bahkan kerapkali 2 – 3 warna terjadi dalam bentuk spot-spot, disebut karatan (*mottling*).

Warna tanah adalah cerminan dari warna komponen-komponen penyusunnya. Pengaruh komponen tanah terhadap warna campuran ini secara langsung merupakan perbandingan terhadap total permukaan tanah yang setara dengan luas permukaan dikali persen volumetrik masing-masingnya terhadap tanah. Hal ini bermakna materi koloidal

mempunyai dampak terbesar terhadap warna tanah, misalnya humus dan besi hidroksida yang secara jelas menentukan warna tanah.

Besi oksida berwarna merah, coklat karatan atau kuning, tergantung besarnya kandungan molekul air. Untuk besi tereduksi biasanya menampakkan warna biru hijau, sedangkan kuarsa umumnya berwarna putih. Batu kapur berwarna putih, kelabu, atau hijau. Feldspar mempunyai banyak warna tetapi dominan merah. Liat berwarna kelabu, putih atau merah, tergantung jenis dan perbandingan selaput besinya.
Karatan merupakan warna hasil pelarutan dan pergerakan beberapa komponen tanah, khususnya besi (Fe) dan mangan (Mn). Selama musim hujan akan terjadi pengendapan dan perubahan posisi, terutama ketika tanah mengalami pengeringan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya hal berikut, (1) reduksi besi dan mangan ke bentuk larutan, dan (2) oksidasi yang menyebabkan terjadinya pengendapan (presipitasi). Karatan berwarna terang hanya sedikit terjadi pada tanah yang rendah kadar besi atau mangannya, sedangkan karatan berwarna gelap terbentuk apabila besi dan mangan tersebut mengalami pengendapan.

Karatan yang terbentuk ini tidak segera berubah meskipun telah dilakukan per-baikan drainase. Warna bercak yang terjadi pada tanah merupakan indikator terjadinya proses reduksi dan oksidasi yang terputus-putus (*intermitten*), hal ini adalah akibat adanya kelebihan air dan buruknya aerasi yang terjadi secara sementara waktu.
Tanah basah atau lembab akan terlihat lebih gelap dibandingkan tanah kering, hal ini karena terkait adanya perbedaan yang nyata dari sifat pembiasan cahaya dari komponen padatan tanah dan udara, sehingga warna pada tanah kering akan banyak direfleksikan.
Warna juga merupakan petunjuk kondisi iklim tempat tanah tersebut berkem-bang atau asal bahan induknya, tetapi pada kondisi tertentu. Warna tanah sering juga digunakan sebagai petunjuk kesuburan atau kapasitas produktivitas lahan. Umumnya makin gelap warna tanah,

berarti makin tinggi produktivitasnya. Namun ada beberapa pengecualian, dengan urutan putih, kuning, kelabu, merah, coklat kekelabuan, coklat kekaratan, coklat dan hitam yang merupakan cerminan dari hal-hal berikut:

1) Kadar bahan organik yang berwarna gelap, makin tinggi makin gelap.
2) Intensitas pencucian unsur hara pada tanah tersebut. Makin intensif proses pencucian unsur hara, maka warna tanah akan makin terang.
3) Warna tanah yang terang mencerminkan dominannya komponen kuarsa (SiO_2), yaitu mineral yang tidak mengandung unsur hara sama sekali, sehingga makin dominan makin terang dan makin miskin akan unsur hara.

Pada tanah yang masih muda dan belum berkembang, warna tanah merupakan petunjuk jenis bahan induknya. Sedangkan pada tanah tua, warna tanah merupakan petunjuk iklim tempat perkembangannya, baik iklim makro maupun iklim tanah. Iklim yang panas akan menghasilkan tanah yang berwarna merah, khususnya jika tanah memiliki drainase baik. Warna terang sering dikaitkan dengan hasil intensifnya pencucian besi dari profil tanah, yang umumnya bersamaan dengan hilangnya berbagai unsur hara. Sehingga tanah yang berwarna terang sering dikaitkan dengan rendahnya kesuburan tanah.

Warna tanah juga mempengaruhi kondisi tanah lainnya, misalnya efeknya terhadap energi radiasi matahari. Benda-benda yang berwarna hitam dan gelap, cenderung lebih banyak menyerap energi matahari dibandingkan dengan benda berwarna terang atau putih, sehingga pada saat matahari bersinar, tanah-tanah yang berwarna hitam dan gelap cenderung lebih hangat dibandingkan dengan tanah-tanah terang atau putih. Dengan lebih banyaknya energi panas yang tersedia dalam tanah, maka akan lebih mendorong laju proses evaporasi, namun jika ada mulsa atau vegetasi penutup tanah, maka akan mengeliminasi perbedaan ini.

Klasifikasi warna

Sinar matahari adalah gelombang elektromagtetik yang dikenal sebagai sinar tampak, dan mempunyai panjang gelombang sekitar 0.38 – 0.75 µm. Efek sinar matahari dengan berbagai panjang gelombang, akan memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap mata. Perbedaan yang yang disebut sebagai ***warna***, sebagai tertera pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8. Klasifikasi warna dan panjang gelombang sinar tampak

Warna	Panjang gelombang (mm)	Warna	Panjang gelombang (µm)
Ungu	0.38 – 0.45	Kuning	0.57 – 0.60
Biru	0.45 – 0.49	Jingga	0.60 – 0.62
Hijau	0.49 – 0.57	Merah	0.62 – 0.75

Dalam mengklasifikasikan warna tanah, metode yang telah dikenal luas oleh banyak ahli ilmu tanah adalah *Sistem Munsell,* yaitu sistem yang membedakan warna tanah secara langsung dengan bantuan kolom warna standar.

Warna ini dibedakan berdasarkan tiga faktor dasar berupa komponen warna, yaitu **hue**, **value** dan **chroma** yang menjadi dasar penyusunan variasi warna pada kartu Munsell.



Gambar 1.38. Buku Warna Tanah

1. Hue

Hue adalah indikator kualitas warna yang dominan, dan merupakan pembeda antara warna merah dari kuning, dan lainnya. Berdasarkan **hue** , warna dibedakan menjadi 10 warna, yaitu Y (*yellow=kuning*), YR (*yellow-red*), R (*red=merah*), RP (*red-purple*), P (*purple* = ungu), PB (*purple - brown*), B (*brown* = coklat), BG (*brown-gray*), G (*gray = kelabu*), dan GY (*gray - yellow*). Setiap warna ini dibagi menjadi kisaran hue 0 - 2.5; 2.5 - 5.0; 5.0 - 7.5 dan 7.5 - 10 yang pada buku Munsell, warna hanya tertulis 2.5, 5.0, 7.5 dan 10.

2. Value

Value atau kecerahan menunjukkan variasi berkas sinar yang terjadi jika diban-dingkan warna putih absolut. Value ini mengacu pada gradasi warna dari putih (skala 10) ke hitam (skala 0).

3. Chroma

Chroma didefinisikan sebagai gradasi kemurnian dari warna atau derajat pembe-da adanya perubahan warna dari kelabu atau putih netral (skala 0) ke warna lainnya (skala 19).

Di lapangan, penetapan warna tanah dilakukan dengan mengambil tanah secukupnya (kira-kira 5 g) dicocokkan dengan warna yang ada di buku Munsell, misalnya warna tanah terletak pada kartu Hue 2.5

YR, value 4 dan chroma 2, ditulis 2.5 YR 4/2 berarti warnanya *dark reddish brown* (coklat kemerahan gelap).



Gambar 1.39. Cara Penetapan Warna Tanah

2.6 Suhu Tanah

Suhu didefinisikan sebagai kondisi suatu benda yang menentukan transfer panas ke atau dari benda lainnya, yang dinyatakan dalam satuan derajat. Suhu tanah adalah sifat tanah yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Selain itu juga suhu mempengaruhi kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas mikrobial, dan proses enzimatik, penguraian sisa tanaman dan ketersediaan unsur hara tanaman. Suhu tanah merupakan salah satu faktor tumbuh tanaman yang penting seperti halnya air, udara dan unsur hara.

Proses perkecambahan biji, akar tanaman dan mikrobia tanah secara langsung dipengaruhi oleh suhu tanah. Laju reaksi kimiawi meningkat dua kali lipat untuk setiap 10° kenaikan temperatur. Suhu tanah sangat mempengaruhi aktivitas mikrobial tanah. Aktivitas ini sangat terbatas pada suhu di bawah 10°C. Laju optimum aktivitas biota tanah yang menguntungkan terjadi pada suhu 18–30°C, seperti bakteri pengikat nitrogen (N_2), pada tanah berdrainase baik. Nitrifikasi berlangsung optimum pada suhu sekitar 30°C. Pada suhu > 30 °C, lebih banyak unsur K^+ dapat tukar dibebaskan dibandingkan pada suhu yang lebih rendah, sehingga penyerapannya oleh akar juga meningkat. Pada suhu > 40°C, mikrobia umumnya menjadi tidak aktif. Jumlah panas yang ada dalam

suatu benda dinyatakan sebagai kapasitas panas. Kapasitas panas suatu benda dapat didefinisikan sebagai jumlah panas yang dibutuhkan.

Suhu tanah berpengaruh terhadap penyerapan air. Makin rendah suhu, makin sedikit air yang di serap oleh akar, karena itulah penurunan suhu tanah mendadak dapat menyebabkan kelayuan tanaman.

Pada waktu pengukuran suhu tanah harus dihindarkan dari beberapa gangguan, baik gangguan lokal maupun gangguan lain. Gangguan-gangguan itu adalah sebagai berikut, (1) pengaruh radiasi matahari langsung dan pantulannya oleh benda-benda sekitar, (2) gangguan tetesan air hujan, (3) tiupan angin yang terlalu kuat, (4) pengaruh pemanasan dan pendinginan permukaan tanah setempat.

Data pengukuran suhu tanah dapat dinyatakan dengan menggunakan suhu rata-rata harian, bulanan, musiman dan tahunan. Suhu rata-rata harian adalah jumlah suhu maksimum dan minimum hari tersebut selanjutnya dibagi dua. Jika dilakukan pencatatan suhu tanah setiap jam pada hari tersebut selanjutnya dibagi 24. Jika menggunakan suhu rata-rata bulanan yaitu dengan menjumlahkan rata-rata suhu harian selanjutnya dibagi 30. Jika menggunakan suhu rata-rata tahunan yaitu dengan menjumlahkan suhu rata-rata bulanan yang selanjutnya dibagi 12. Suhu tanah normal adalah angka rata-rata suhu tanah yang diambil dalam waktu 30 tahun.

Termometer Tanah

Termometer tanah pada prinsipnya hampir sama dengan termometer biasa, hanya bentuk dan panjangnya berbeda. Pengukuran suhu tanah lebih teliti daripada suhu udara. Perubahannya lambat sesuai dengan sifat kerapatan tanah yang lebih besar dari pada udara.

Suhu tanah yang diukur umumnya pada kedalaman 3, 5 cm dan 10 cm. Macam alat disesuaikan dengan kedalaman yang akan diukur. Termometer berada dalam tabung gelas yang berisi parafin, kemudian tabung diikat dengan rantai lalu diturunkan dalam selongsong tabung logam ke dalam tanah. Pembacaan dilakukan dengan mengangkat

termometer dari dalam tabung logam, kemudian dibaca. Adanya parafin memperlambat perubahan suhu ketika termometer terbaca di udara. Berdasarkan prinsipnya thermometer dapat di golongkan dalam empat macam, yaitu, (1) berdasarkan prinsip pemuaian, (2) berdasarkan arus listrik, (3) berdasarkan prinsip perubahan tekanan dan volume gas, (4) berdasarkan prinsip perubahan gelombang cahaya yang di pancarkan oleh suatu permukaan bersuhu tinggi.

Cara Pengamatan :

Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan cara meletakkan termometer tanah di permukaan tanah, menancapkan pada kedalaman 3, 5 cm, 10 cm menancapkan dalam waktu 10 menit. Pengamatan dilakukan di dua tempat berbeda, yaitu di tempat yang terbuka dan di tempat yang ternaungi oleh pepohonan, dengan 3 x ulangan lalu diratakan hasilnya. Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan pengukuran yang diamati didalam ruangan dengan diluar ruangan. Pengukuran ini dilakukan dengan memegang alat nya langsung yaitu anemometer lalu dilihat berapa pada skala yang telah ada pada anemometer tersebut.

Suhu Maksimum dan Minimum

Suhu maksimum adalah suhu tertinggi dimana tanaman masih dapat tumbuh. Suhu minimum adalah suhu terendah dimana tanaman masih dapat hidup. Dan suhu optimum adalah suhu yang dibutuhkan tanaman dimana proses pertumbuhannya dapat berjalan lancar. Panas yang diterima oleh permukaan tanah diteruskan ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam melalui konduksi. Panas yang dialirkan akan memerlukan waktu. Akibatnya suhu maksimum dan minimum di dalam tanah akan mengalami keterlambatan. Makin lama pemanasan permukaan tanah maka makin dalam pula suhu permukaan akar terasa ke lapisan tanah yang lebih dalam. Suhu maksimum di atmosfir terjadi pada sekitar jam 13.00, sedangkan suhu maksimum di dalam tanah akan terjadi setelah waktu suhu maksimum udara. Suhu maksimum tanah untuk kedalaman

5 cm terjadi pada jam 14.00, sedangkan untuk kedalaman 10 cm terjadi pada jam 15.30 dan untuk kedalaman tanah 20 cm terjadi pada jam 18.00 atau lewat. Suhu minimum di atmosfir terjadi setelah matahari terbit yaitu sekitar jam 06.00 pagi hari sedangkan suhu minimum didalam tanah akan mengalami keterlambatan. Untuk kedalaman 5 cm suhu minimum terjadi pada jam 08.00, untuk kedalaman 10 cm terjadi pada jam 09.00 dan untuk kedalaman 20 cm terjadi pada jam 11.00.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi suhu tanah, yaitu;

(1) Faktor iklim/cuaca, termasuk di dalamnya (a) radiasi surya, (b) kondisi awan, (c) hujan, (d) suhu udara, (e) angin, dan (f) kelembaban udara.
(2) Kondisi tanah meliputi (a) tekstur tanah, (b) kadar air tanah, (c) kandungan bahan organik, (d) warna tanah, (e) struktur tanah (pengolahan dan kepadatan tanah)
(3) Kondisi topografi tanah, meliputi (a) kemiringan lereng, (b) arah lereng, (c) tinggi permukaan tanah, (d) vegetasi

Pengendalian Suhu Tanah

Suhu tanah yang tinggi akan mengganggu pertumbuhan tanaman, oleh sebab itu, suhu tanah harus dikendalian sedemikian rupa. Ada beberapa cara pengendalian suhu tanah yaitu :

(1) Penambahan atau pengurangan air lebih dari tanah akan membantu mengubah temperatur tanah. Misalnya membuat parit-parit drainase dan pemulsaan
(2) Menutupi tanah dengan tanaman sehingga mengurangi energi yang masuk, serta menahan suhu tanah pada kondisi yang dikehendaki.
(3) Pemulsaan. Penggunaan mulsa organik akan mereduksi temperatur tanah, sedangkan penggunaan mulsa plastik akan meningkatkan tanah tanah. Hal ini biasa digunakan pada daerah beriklim sedang.

3. Refleksi

Petunjuk

a. Tuliskan nama dan KD yang telah anda selesaikan pada lembar tersendiri
b. Tuliskan jawaban pada pertanyaan pada lembar refleksi untuk setiap sub materi pembelajaran!
c. Kumpulkan hasil refleksi pada guru anda

3.1 Refleksi Pendahuluan Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

LEMBAR REFLEKSI
....
....
....

3.2 Refleksi Biologi Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

3.3 Refleksi Porositas Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

3.4 Refleksi Konsistensi Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

3.5 Refleksi Warna Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

3.6 Refleksi Suhu Tanah

LEMBAR REFLEKSI

a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

4. Tugas

4.1 Tugas Pendahuluan

Struktur Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 1 tentang Struktur Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang struktur tanah. Amati struktur tanah yang ada di sekitar sekolah Anda. Pelajari dan jelaskan jenis-jenis struktur tanah yang Anda amati.

Setelah didapatkan berbagai informasi tentang struktur tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini.

Lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut

Lembar Kerja Praktik

Menganalisis Struktur Tanah

Pendahuluan

Struktur tanah sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkem-bangan tanaman. Dengan mengetahui struktur tanah yang ada, dapat diambil keputusan apa yang harus dilakukan, jika lahan akan ditanami, apakah diolah atau tidak.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menganalisis struktur tanah di lapangan, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat –alat

- Buret, pipet tetes.
- Cawan petridish.
- Sprayer.
- Saringan.
- gelas piala.
- jangka sorong.
- Kaca pembesar (lup).

Bahan

- Air.
- Sampel tanah.
- Kertas koran.

Keselamatan Kerja

a. Perhatikan faktor-faktor keselamatan kerja.
b. Hindarkan hal-hal yang dapat mencelakakan diri Anda.
c. Pergunakan alat dan bahan dengan benar.

Cara kerja

Praktik 1. Menentukan Bentuk, Ukuran dan Tingkat Perkembangan Struktur.

1. Siapkan alat dan bahan beberapa sampel tanah yang akan digunakan dalam kegiatan praktik.
2. Ambil satu bongkah sampel tanah dan letakkan sampel tanah tersebut pada kertas koran.
3. Amati jenis-jenis agregat tanah yang terbentuk, gunakan kaca pembesar (lup) jika diperlukan, gambarkan dan catat.
4. Gunakan jangka sorong untuk menentukan ukuran panjang, lebar dan ketebalan struktur tanah, catat ukurannya
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 untuk sampel tanah yang lain.

6. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di depan kelas.

Praktik 2. Menentukan kemantapan struktur tanah dalam air.

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam kegiatan praktik pengukuran kemantapan agregat struktur tanah.
2. Teteskan air destilasi dalam cawan petridish
3. Pilih agregat tanah pada sampel tanah yang berukuran < 2 mm
4. Masukkan ke dalam cawan petridish yang berisi air
5. Amati keutuhan struktur tanah setelah beberapa lama
6. Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk sampel tanah yang lain.
7. Buat laporan hasil kegiatan praktik yang Anda lakukan dan presentasikan di depan kelas.

Praktek 3. Menentukan Kemantapan Agregat terhadap Tetesan Air

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam praktik kemantapan agregat tanah
2. Letakkan 3 butir sampel tanah berukuran sekitar 1 sampai 2 mm di atas saringan dari kawat yang ditaruh di atas gelas piala.
3. Basahi agregat-agregat dengan air dengan menggunakan pipet tetes agar pembasahan merata
4. Tetesi agregat-agregat tersebut dengan air dari buret yang dipasang 20 cm di atas saringan
5. Hitung dan catat jumlah tetesan yang diperlukan untuk menghancurkan agregat-agregat tanah tersebut.
6. Buat laporan hasil kegaiatan praktik yang Anda lakukan dan presentasikan di depan kelas.

4.2 Tugas Biologi Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 6 tentang Biologi Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang biologi tanah. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang biologi tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk meleng-kapi informasi yang ada pada buku teks ini.

Lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik 1

Pengamatan Aktivitas Organisme Tanah

1. Pendahuluan

Sifat biologi tanah sangat besar pengaruhnya terhadap kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara dalam tanah. Dengan mengetahui kondisi organisme tanah, dapat diambil keputusan apa yang harus dilakukan, jika lahan akan ditanami, apakah dipupuk atau tidak.

2. Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menganalisis kondisi organisme tanah di lapangan, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

3. Alat dan Bahan

a. Alat

- Cangkul dan linggis
- Frame besi untuk monolith
- Gelas plastik aqua
- Flakon (botol specimen organisme)

- Sungkup
- Kuas kecil
- Ember plastic
- Petridish
- Lup/kaca pembesar
- Pinset
- Mikropipet

b. Bahan
- Tanah pada berbagai jenis lahan
- Sampel tanah pada berbagai jenis lahan
- Formalin 4%
- Deterjen
- Alkohol 75%
- Air/aquadest

4. Cara Kerja

a. Tentukan lokasi pengambilan contoh makrofauna tanah dan sampel tanah yang akan dianalisis. Lokasi dipilih berdasarkan tutupan vegetasi yaitu pohon, semak, rumput dan lahan terbuka.

b. Isolasi makro fauna

1) Buatlah lubang untuk menanam gelas plastik aqua (perangkap jebak) pada lokasi lahan yang akan diamati makro faunanya.
2) Isi gelas aqua dengan larutan deterjen sampai 1/4 tinggi tabung gelas.
3) Letakkan gelas plastik aqua hingga sejajar dengan permukaan tanah, lalu pada bagian atasnya ditutup dengan sungkup.
4) Biarkan satu hari, lalu pada hari berikutnya dengan mengambil gelas tersebut yang berisi makrofauna dan lakukan identifikasi di laboratorium.

5) Setelah di laboratorium, cuci makroorganisme yang tertangkap (specimen) dengan menggunakan air bersih, lalu memasukkan ke dalam flakon yang berisi alkohol 75%.
6) Identifikasi dan gambar makrofauna tanah yang ditemukan.
7) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di kelas.

c. Isolasi makrofauna anesik dan endogeik (monolith) :
   1) Letakkan frame besi berukuran 25 x 25 x 10 cm pada titik lokasi pengamatan yang ditentukan.
   2) Buatlah 3 monolith dengan ukuran 25 x 25 x 30 cm^3.
   3) Ambil tanah dari tiap kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm dan masukkan ke dalam ember plastic.
   4) Lakukan pemisahan (sorting) makroorganisme tanah di lapangan secara manual. Memasukkan specimen cacing tanah ke dalam flakon yang berisi formalin 4%, sedangkan makrofauna lainnya dimasukkan ke dalam flakon yang berisi alkohol 75% menggunakan kuas.
   5) Setelah di laboratorium, bersihkan specimen menggunakan air bersih lalu memasukkan kembali ke dalam flakon yang baru.
   6) Identifikasi dan menggambar makrofauna yang ditemukan.
   7) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di kelas.

Lembar Kerja Praktik 2

Pengamatan Aktivitas Simbiosis Mikroorganisme Tanah

Pendahuluan

Di dalam tanah, ada sejumlah mikroorganisme yang melakukan simbiosis atau hidup bersama yang saling menguntungkan dengan

tumbuhan tertentu. Misalnya antara bakteri rhizobium dengan akar tanaman kacang-kacangan dalam bintil akar.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menganalisis aktivitas simbiosis antara mikroorganisme tanah dengan tanaman kacang-kacangan, bila disediakan fasilitas dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan Praktikum

Alat

- Tabung reaksi
- Petridish
- Preparat
- Mikroskop
- Panci
- Pemanas/kompor
- Kantong plastik kemasan 50 gr/100 gr
- Pinset
- Silet atau pisau
- Penggaris
- Polibag
- Gelas ukur

Bahan

- Bintil akar kedelai
- Akar tanaman kedelai
- Benih kedelai
- Tanah alfisol
- Aquadest
- Garam fisiologis
- Inokulum mikoriza
- Inokulum Rhizobium (legin)

- Larutan alkohol 50%
- Larutan KOH 10%
- Larutan HCl 1 N
- Tryplanblue 0,05%

Cara Kerja

Pengamatan Rizobium Pada Tanaman Kedelai (Leguminosae)

a. Pengecatan akar

1) Ambil akar tanaman kacang-kacangan atau kedelai dari polybag yang disiapkan.
2) Cuci bersih akar tanaman kedelai dari polybag, terutama akar-akar yang halus atau rambut akar.
3) Rendam dalam larutan alkohol 50% selama 3-4 jam.
4) Ambil potongan akar yang tersimpan pada larutan alkohol dan cuci bersih dengan air, lalu potong dengan ukuran 1 cm.
5) Panaskan air atau pasir dalam panci (waterbath)
6) Siapkan larutan KOH 10% (kira-kira 20 ml), kemudian masukkan potongan akar tadi kedalam larutan KOH dan memanaskan di dalam panci pada suhu $90^{O}C$ selama 5-10 menit tergantung pada ketebalan akar atau sampai akar tanaman layu.
7) Cuci akar menggunakan aquadest, dan rendam akar di dalam HCl 1 N sampai berwarna putih.
8) Cuci kembali akar menggunakan aquadest
9) Letakkan akar dalam cawan petri dan tambahkan cat tryplan blue 0,05% kemudian diamkan selama kira-kira 2-24 jam agar cat tryplan blue masuk dalam sel atau panaskan kembali sekitar 5 menit.
10) Amati infeksi mikoriza di bawah mikroskop (kira-kira 5 potong akar).
11) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di kelas.

b. Pengamatan bintil akar

a) Ambil akar tanaman leguminosa atau kacang-kacangan dari lokasi.
b) Cuci bersih akar tanaman dari tanah rhizozfer dengan air dan tiriskan dengan tisu.
c) Amati kedudukan bintil akar (eksogen/endogen), ukuran bintil, sebaran bintil dan jumlah bintil.
d) Pisahkan bintil dari akarnya kemudian belah tepat di tengah dan amati efektivitas asosiasinya berdasarkan merahnya leghemoglobin.
e) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di kelas.

Lembar Kerja Praktik 3

Mengamati Peran Organisme Tanah dalam Perombakan Bahan Organik

Pendahuluan

Di dalam tanah, organisme tanah melakukan aktivitas untuk menunjang hidupnya dengan memanfaatkan bahan organik untuk digunakan sebagai sumber energy. Hasil pemanfaatan bahan organik tersebut, salah satunya adalah menghasilkan unsur hara yang tersedia bagi tanaman

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik dapat menganalisis peran organisme tanah dalam perombakan bahan organik tanah, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan Praktikum

a. Alat

- Vermikomposting

- Cetok
- Ember
- Saringan
- Karung goni
- Bak semen atau terpal
- Selang air
- Termometer Pengomposan secara konvensional
- Sekop
- Tempat pembuatan kompos
- Ember
- Penutup plastik/mulsa
- Termometer
- Erlenmeyer 100 ml, 250 ml atau 500 ml
- Mortar dan motles
- Pisau
- Sealer kantong plastic
- Shaker atau pengguncang
- Petridish steril
- Tabung reaksi
- Mikro pipet 1 ml
- Autoklaf
- Jarum ose
- Bunsen
- Baki/nampan plastik
- Kantong plastik kemasan 50 gr atau 100 gr
- Alat penginkubasi (sungkup)
- Flakon
- Karet
- Plastik transparan
- Pipet

- Alat penyuntik

b. Bahan
   - Cacing tanah (Pontoscolex corethurus)
   - Jerami
   - Kotoran sapi
   - Bahan organic gambut, lempung, gambut + lempung dan dedak
   - Kompos jerami
   - Areal lahan
   - KOH
   - HCl
   - BaCl2
   - Aquadest
   - Indicator PP

Cara Kerja

a. Vermikomposting
   1) Siapkan media tumbuh cacing tanah berupa kotoran ternak dan jerami setengah matang (telah direndam selama 1 bulan).
   2) Campurkan bahan-bahan diatas hingga bahan tercampur rata dan memasukkan campuran tersebut ke dalam wadah, lalu biarkan hingga suhunya mulai turun atau hingga 14 hari.
   3) Setelah dingin, masukkan cacing tanah sebanyak 100 gram.
   4) Pelihara cacing tanah dengan memberi makan. Cacing tanah diberi pakan sehari semalam sebanyak berat cacing tanah yang ditanam yaitu berupa semua kotoran hewan, kecuali kotoran yang hanya dipakai sebagai media. Hal yang harus diperhatikan dalam pemberian pakan pada cacing tanah antara lain pakan yang diberikan harus dijadikan bubuk atau bubur dengan cara diblender.

5) Taburkan bubur pakan secara merata di atas media, tetapi tidak menutupi seluruh permukaan media, sekitar 2-3 dari peti wadah tidak ditaburi pakan.
6) Tutupi pakan dengan plastik, karung, atau bahan lain yang tidak tembus cahaya.
7) Berikan pakan berikutnya, apabila masih tersisa pakan terdahulu, diaduk dan jumlah pakan yang diberikan dikurangi. Bubur pakan yang akan diberikan pada cacing tanah mempunyai perbandingan air 1:1.
8) Siram media jika terlalu kering, hingga media lembab kembali.
9) Lakukan pemanenan jika dalam media sudah nampak butiran kotoran cacing atau medianya sudah lebih halus dan warnanya lebih gelap. Panen dilakukan dengan cara memisahkan cacing tanah dengan media. Kascing yang dihasilkan siap digunakan sebagai pupuk organik.
10) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan dalam kelas.

b. Pengomposan Secara Konvensional

1) Ambil jerami setengah matang (telah di rendam selama 2 minggu) dan dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil (2-3 cm)
2) Basahi jerami tadi dengan air kemudian ditumpuk dengan ketinggian sekitar 0.5 m
3) Tutupi tumpukan jerami tadi dengan mulsa plastik dan biarkan selama 1 minggu
4) Panen kompos setelah satu minguu
5) Bandingkan kualitas produknya (proporsi bahan halus dan kasar, bau, warna, penyusutan berat) dengan produk hasil pengomposan dengan vermikompos.
6) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan dalam kelas.

c. Evolusi CO2

1) Pasang alat semacam kurungan dari besi (sungkup) yang sudah ditutup plastik transparan dan di dalamnya dipasang flakon berisi KOH atau NaOH di areal lahan dan biarkan alat tersebut selama semalam.
2) Suntikkan $BaCl_2$ ke dalam flakon berisi KOH atau NaOH kemudian tutup rapat-rapat.
3) Tetesi larutan KOH dengan indikator PP sehingga warnanya berubah menjadi merah muda.
4) Tetesi larutan KOH + indikator PP dengan HCl sampai warnanya berubah menjadi putih keruh.
5) Tetesi larutan KOH dengan MO sehingga warnanya menjadi orange.
6) Tetesi larutan KOH + indikator PP dengan HCl sampai warnanya berubah menjadi putih keruh.
7) Catat volume HCl yang diperlukan untuk titrasi
8) Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan dalam kelas.

4.3 Tugas Porositas Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Pembelajaran 1 tentang Peranan Tanah sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian sub Porositas Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang porositas tanah. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang porositas tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini.

Lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Analisa Porositas Tanah

Pendahuluan

Porositas merupakan proporsi ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah yang baik. Dalam bidang pertanian, porositas tanah sangat penting artinya dalam menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Tanah-tanah yang memiliki porositas yang baik akan sangat mendukung keberhasilan dalam produksi tanaman.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menentukan porositas tanah, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat

Penetapan berat isi :

- copper ring
- timbangan
- oven
- kaleng timbang

Penetapan berat jenis :

- labu ukur 100 ml
- timbangan
- kompor listrik
- oven
- hot plate
- beaker gelas

Bahan

- Contoh tanah
- Air

Cara Kerja

Penetapan Berat Isi

a) Ambil contoh tanah dari lapang dengan copper ring
b) Timbang tanah dan ringnya, missal = x gram,
c) Hitung pula volume ring sampel tanah, V = 3.14 r^2t, dimana, r = jari-jari lingkaran ring (cm), t = tebal/tinggi tabung (cm).
d) Keringkan tanah dalam ring dengan menggunakan oven dengan suhu 104^{O}C selama 24 jam.
e) Timbang berat tanah kering oven (gram)
f) Hitung berat isi tanah dengan rumus :

$$BI = \frac{\text{Berat Tanah Kering Oven}}{\text{Volume Ring}}$$

Penetapan Berat Jenis Tanah

a) Panaskan air dalam beaker gelas 250 ml sampai mendidih, kemudian dinginkan.
b) Timbang labu ukur 50 ml (A g)
c) Isi dengan tanah kering oven ± 30 g, timbang berat labu ukur dan berat tanah didalamnya (misalnya B g),
d) Tambahkan air kedalam labu sampai mengisi ¾ bagian labu, kemudian didihkan diatas hot plate, kemudian dinginkan.
e) Tambahkan air dingin yang sudah dididihkan sampai garis batas, kemudian timbang (misalnya C g).
f) Masukkan air yang telah dididihkan ke labu ukur lain untuk mencari berat jenis air.
g) Berat jenis tanah (g cm^{-3}) dapat dihitung dengan rumus :

Berat labu ukur = A g

Berat labu + tanah = B g

Berat tanah = (B – A) g

$$\text{Volume tanah} = 100 - \frac{\text{Berat Air}}{\text{BJ air}}$$

$$\text{Ruang Pori Total} = \left(1 - \frac{\text{BI}}{\text{BJ}}\right) \text{x } 100\%$$

4.4 Tugas Konsistensi Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Pembelajaran 1 tentang Peranan Tanah sebagai Sumberdaya Alam Bidang Pertanian sub Konsistensi Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang konsistensi tanah. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang konsistensi tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini.

Lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Analisa Konsistensi Tanah

Pendahuluan

Konsistensi tanah merupakan ketahanan tanah terhadap perubahan bentuk atau tekanan. Keadaan ini ditentukan oleh sifat adhesi dan kohesi. Meskipun struktur menentukan bentuk, ukuran dan agregasi alami tanah tertentu, konsistensi tetap menentukan kekuatan dan

keadaan alami gaya-gaya di antara partikel. Konsistensi itu penting untuk dipertimbangkan dalam pengolahan tanah.

Tanah liat dapat menjadi begitu lekat bila basah seperti membuat tajak atau sangat sukar dibajak. Konsistensi sangatlah penting dalam menentukan daya guna tanah secara praktis. Konsistensi dipakai untuk menggambarkan sifat tanah yang sangat penting yaitu hubungannya dengan pengolahan tanah dan pemadatan mesin pertanian. Dengan mengetahui konsistensi tanah, akan mempermudah pengolahan tanah karena tiap tanah mempunyai konsistensi yang berbeda-beda.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menentukan konsistensi tanah, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

a. Alat
   - Timbangan.
   - Nampan plastic.
   - Botol semperot.
   - Kain lap.
   - Buku cacatan.

b. Bahan
   - Contoh tanah
   - Air

Cara Kerja

Penetapan Konsistensi Tanah dalam keadaan basah

Penetapan kelekatan tanah

1. Ambil sampel tanah sebesar ibu jari
2. Basahi dengan air sehingga kondisi dalam keadaan basah yang cukup

3. Letakkan diantara ibu jari dan jari telunjuk, dan bandingkan daya lekatnya dengan kondisi berikut;
    a) Tidak melekat, apabila tidak ada tanah yang tertinggal pada ibu jari dan telunjuk.
    b) Agak melekat, apabila kedua jari dilepaskan, sebagian tanah tertinggal pada salah satu jari.
    c) Lekat, apabila kedua jari direnggangkan, tanah tertinggal pada kedua jari.
    d) Sangat lekat, bila kedua jari direnggangkan, tanah melekat sekali sehingga sukar untuk dilepaskan.

Penetapan Plastisitas Tanah

1. Ambil sampel tanah sebesar ibu jari
2. Basahi dengan air sehingga kondisi dalam keadaan basah yang cukup
3. Letakkan diantara ibu jari dan jari telunjuk, dan dipirit, dipelintir dan ditekan untuk merubah bentuknya.
4. Bandingkan konsistensinya dengan kondisi berikut :
    a) Tidak plastis, tanah tak dapat berbentuk gelintiran tanah. Massa tanah mudah berubah bentuk.
    b) Agak plastis, terbentuk gelintiran tanah. Massa tanah mudah berubah bentuk.
    c) Sangat plastis, tanah dapat terbentuk gelintiran tanah. Massa tanah tahan terhadap tekanan.

Penetapan Konsistensi Tanah dalam Keadaan Lembab

Penetapan ketahanan tanah terhadap perubahan bentuk

1. Ambil sampel tanah sebesar ibu jari
2. Basahi dengan air sehingga kondisinya dalam keadaan lembab yang cukup
3. Letakkan sampel tanah ditelapak tangan dan remas-remas.

4. Bandingkan konsistensinya dengan kondisi berikut :
   a) Lepas, jika butir-butir tanah terlepas satu dengan lainnya. Tidak terikat dan melekat bila ditekan.
   b) Sangat gembur, jika tanah dengan sedikit tekanan, mudah terlepas, digenggam mudah menggumpal, melekat bila ditekan.
   c) Gembur, jika tanah diremas dapat terurai, bila digenggam massa tanah menggumpal, melekat bila ditekan.
   d) Teguh, jika massa tanah tahan terhadap remasan, hancur dengan tekanan besar.
   e) Sangat teguh, jika massa tanah tahan terhadap remasan, tidak mudah berubah bentuk.

Penetapan Konsistensi Tanah dalam Keadaan Kering

1. Ambil sampel tanah sebesar ibu jari
2. Jangan dibasahi dengan air, dan biarkan kondisinya dalam keadaan kering
3. Letakkan sampel tanah ditelapak tangan dan remas-remas.
4. Bandingkan konsistensinya dengan kondisi berikut :
   a) Lepas, jika butir-butir tanah terlepas satu dengan lainnya. Tidak terikat.
   b) Lunak, jika tanah dengan sedikit tekanan antara jari tangan, tanah mudah terurai menjadi butir kecil.
   c) Agak keras, jika tanah agak tahan terhadap tekanan, massa tanah rapuh.
   d) Keras, jika tanah tahan terhadap tekanan, massa tanah dapat dipatahkan dengan tangan (tidak dengan jari).
   e) Sangat keras, jika tanah tahan terhadap tekanan, massa sukar dipatahkan dengan tangan.
   f) Sangat keras sekali, jika tanah sangat tahan terhadap tekanan. Massa tanah tidak dapat dipecahkan dengan tangan.

4.5 Tugas Warna Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 1 tentang Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian pada sub Warna Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang Warna Tanah. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang Warna Tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Penetapan Warna Tanah

Pendahuluan

Warna tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang penting untuk ditetapkan, karena dengan mengetahui warna tanah dapat diketahui gambaran kondisi tanah tersebut, misalnya hal yang berakitan dengan keadaan aerasi dan drainase lahan. Penetapan warna tanah dilakukan dengan menggunakan warna standar yang ada pada buku Soil Munsell Chart, yaitu dengan menetapkan ketiga komponen warna, hue, value dan chroma. Dengan mengetahui ketiga komponen warna tersebut, nama warna tanah dapat diketahui.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menentukan warna tanah, bila disediakan contoh tanah yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat

- Bor tanah

- Plastik
- Spidol
- Buku Munsell

Bahan

- Contoh tanah

Cara Kerja

1. Pilih lokasi tanah yang akan ditentukan warna tanahnya
2. Ambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan bor tanah, untuk kedalaman 0 – 20 cm.
3. Dari contoh tanah yang sudah diambil, ambil contoh tanah kira-kira seukuran ibu, dan cocok warna tanah dengan warna standar yang ada pada buku Munsell.
4. Tentukan hue, value dan chroma warna tanah.
5. Tentukan nama warna tanah.
6. Ulangi langkah kerja 2 s/d 5 untuk kedalaman 21- 40, 41 – 60, 61 – 80 cm.
7. Ulangi langkah kerja 1sampai denngan 6 untuk lokasi yang berbeda.
8. Buatlah laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di kelas.

4.6 Tugas Suhu Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 1 tentang Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian pada sub Suhu Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang suhu tanah. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang suhu tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Pengukuran Suhu Tanah

Pendahuluan

Temperatur tanah adalah salah satu sifat fisika tanah yang sangat berpengaruh terhadap proses-proses dalam tanah, seperti pelapukan dan penguraian bahan organik dan bahan induk tanah, reaksi-reaksi kimia , dan lain-lain.

Suhu tanah juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui perubahan kelembaban tanah, aerase, aktivitas mikroorganisme, ketersediaan unsur hara, dan lain-lain. Perubahan suhu tanah tergantung pada banyaknya panas yang diterima dari matahari, hal ni dipengaruhi oleh cuaca, bentuk daerah dan keadaan tanah.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menentukan suhu tanah, bila disediakan lahan, thermometer tanah yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat

- Pancang kayu
- Termometer
- Spidol

Bahan

- Lahan

Cara Kerja

1. Siapkan termometer tanah.

2. Pilih lokasi permukaan tanah yang datar untuk menanamkan termometer tanah ke dalam tanah. Tempat yang diukur dapat berupa tanah olahan, lapangan berumput atau tanah hutan.
3. Buat lubang dengan menggunakan pancang kayu
4. Tanam termometer dengan titik kedalaman tanah 5 cm, 10 cm dan 15 cm.
5. Biarkan thermometer selama 10 menit.
6. Amati berapa suhu yang terbaca di skala termometer dengan cara mata melihat lurus dan catat angka yang tercantum di termometer.
7. Ulangi langkah kerja di atas untuk kedalaman yang sama pada tempat yang telah ditentukan.
8. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan persentasikan di depan kelas.

5. Tes Formatif

5.1 Test Formatif Pendahuluan (Struktur Tanah)

a. Struktur tanah dibedakan menjadi 3 kategori, jelaskan!
b. Sebutkan dua tahapan pembentukan struktur tanah!
c. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan struktur tanah!
d. Jelaskan mekanisme pembentukan struktur tanah.

5.2 Test Formatif Biologi Tanah

a. Jelaskan pengelompokkan organisme tanah berdasarkan fungsinya!
b. Jelaskan pengelompokkan fauna tanah!
c. Jelaskan jenis-jenis mikroflora tanah!
d. Jelaskan pengelompokkan organisme tanah berdasarkan ukurannya.

e. Jelaskan pengelompokkan mikroorganisme tanah berdasarkan caranya memperoleh sumber energi.

5.3 Test Formatif Porositas Tanah

a. Mengapa tanah sawah dikatakan sebagai tanah yang memiliki porositas jelek?
b. Apa yang dimaksud dengan porositas tanah ?
c. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi porositas tanah ?
d. Mengapa tanah-tanah yang bertekstur butiran atau granular memiliki porositas yang tinggi dan tanah massiv memiliki porositas yang jelek ?

5.4 Test Formatif Konsistensi Tanah

a. Apa yang dimaksud dengan konsistensi tanah ?
b. Apa yang dimaksud dengan konsistensi basah?
c. Apa yang dimaksud dengan konsistensi lembab?
d. Apa yang dimaksud dengan konsistensi kering?
e. Bagaimana cara menentukan konsistensi tanah ?

5.5 Test Formatif Warna Tanah

a. Mengapa warna tanah perlu ditetapkan ?
b. Apa yang dimaksud dengan bercak karatan (mottling) pada profil tanah?
c. Warna tanah merupakan cerminan dari komponen-komponennya, apa sebabnya ?
d. Berdasarkan pada warna tanah, kondisi apa yang bisa diperkirakan tentang tanah tersebut?
e. Apa komponen dasar warna tanah?

5.6 Test Formatif Suhu Tanah

a. Apa pengaruh suhu terhadap tanaman?
b. Jelaskan gangguan yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengukuran suhu tanah!
c. Jelaskan jenis-jenis pengukuran suhu tanah yang biasa dilakukan !
d. Pada kedalaman berapa sentimeter pengukuran suhu biasa dilakukan ?
e. Apa yang dimaksud dengan suhu normal ?

Kunci Jawaban

Kunci Jawaban Tes Formatif Pendahuluan (Struktur Tanah)

a. Struktur tanah, dibedakan menjadi 3 kelas atau kategori yaitu, menurut:
    - Tipe yaitu menurut bentuk dan susunan ped, terdiri dari bulat, lempeng, balok dan prisma.
    - Kelas yaitu indikator bentuk struktur yang terbentuk dari ped-ped penyusunnya, menghasilkan 7 tipe struktur tanah.
    - Tingkat yang menunjukkan derajat perkembangan struktur yang dibagi menjadi (1) tanpa struktur, jika agregasi tak terlihat atau berbatas tidak jelas atau baur dengan batas-batas alamiah, (2) lemah, jika ped sulit terbentuk tetapi terlihat, (3) sedang, jika ped dapat terbentuk dengan baik, tahan lama dan jelas, tetapi tak jelas pada tanah utuh, dan (4) kuat, jika ped kuat, pada tanah utuh jelas terlihat dan antarped terikat lemah namun tahan jika dipindahkan dan hanya terpisah apabila tanah terganggu.

b. Ada dua tahapan yang terjadi pada pembentukan struktur tanah, yaitu (1) penggumpalan (*coagulation*) koloid tanah sebagai akibat pengaruh ion Ca^{2+} kedalam agregat tanah mikro, dan (2) sementasi (pengikat) agregat mikro kedalam agregat makro.

c. Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan struktur tanah, yaitu (1) bahan induk, (2) bahan organik tanah, (3) tanaman, (4) organisme tanah, (5) waktu, (6) Iklim.
d. Ada lima mekanisme utama yang menyatukan partikel-partikel ini, yaitu:
   - Aktivitas penetrasi akar pada saat berkembang.
   - Pergerakan air yang mengikuti arah perkembangan akar menyebabkan terjadinya pengikisan dan pemecahan tanah yang kemudian memicu pembentukan ped.
   - Aktivitas keluar masuknya fauna tanah.
   - Pembasahan dan pengeringan yang mengembang dan mengerutkan partikel-partikel.
   - Pencairan, pembekuan, mengembang dan mengerutkan partikel-partikel.

Kunci Jawaban Tes Formatif Biologi Tanah

a. Berdasarkan fungsinya, secara umum terdapat dua golongan jasad hidup dalam tanah, yaitu organisme yang menguntungkan dan yang merugikan. Organisme yang menguntungkan adalah jenis organisme yang terlibat dalam proses penguraian atau dekomposisi bahan organik, mengikat atau menyediakan unsur hara dan atau pembentukan serta perbaikan struktur tanah. Sedangkan organisme yang merugikan adalah organisme yang memanfaatkan tanaman hidup, baik sebagai sumber pangan atau sebagai inangnya yang disebut sebagai hama atau penyakit tanaman maupun sebagai kompetitor dalam penyerapan hara dalam tanah.
b. Fauna atau hewan tanah adalah hewan yang hidup di dalam tanah. Fauna tanah dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu makro fauna dan mikro fauna. Makro fauna yaitu hewan berukuran besar yang hidup di dalam tanah yang terdiri dari herbivora (pemakan tanaman) dan

karnivora (pemangsa hewan-hewan kecil), dan mikro fauna berupa pemangsa parasit, meliputi nematoda, protozoa, dan rotifera.

c. Jenis-jenis mikroflora tanah meliputi (1) ganggang, terdiri dari ganggang hijau dan hijau-biru, (2) cendawan meliputi jamur, ragi, dan kapang, (3) bakteri aerobik dan anaerobik.
d. Berdasarkan ukurannya, maka organisme tanah dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu (1) Makrobia tanah, jika berukuran di atas 10 mm, (2) Mesobia, jika berukuran 0,2-10 mm, dan (3) Mikrobia, jika berukuran < 0,2 mm (200 mm).
e. Berdasarkan cara memperoleh energi, mikroorganisme tanah dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) *fototrof* yaitu mikroorganisme yang memperoleh energi dari sinar matahari, dan (2) *kemotrof* yaitu mikrobia yang memperoleh energi dari oksidasi senyawa anorganik, seperti senyawa N (amonia dan nitrit), sulfur, zat besi atau senyawa karbon sederhana, dan metana.

Kunci Jawaban Tes Formatif Porositas Tanah

a. Tanah sawah dikatakan sebagai tanah yang memiliki porositas jelek karena tanah sawah tidak memiliki pori-pori, baik pori makro maupun pori mikro. Fungsi pori makro adalah sebagai saluran keluar air dari profil tanah. Karena tanah sawah kondisinya tergenang, berarti pada tanah sawah tidak ada pori-pori makronya.
b. Porositas tanah adalah proporsi atau perbandingan ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara. Porositas ini merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah yang baik. Tanah porositasnya baik berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan air dan udara, sehingga air dan udara dapat masuk dan keluar tanah secara leluasa. Sedangkan suatu tanah yang porositasnya jelek tidak mempunyai ruang pori, hail ini ditandai dengan kondisi udara tidak dapat secara leluasa keluar dan masuk ke tanah, dan kondisi

tergenang

c. Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (1) kandungan bahan organik, (2) tekstur tanah, dan (3) struktur tanah.
d. Karena pada tanah yang bertekstur granular terdapat banyak ruang pori, dimana antara butir-butir tanah tidak berhimpit satu dengan yang lain, masih terdapat ruangan, baik antara terktur tanah maupun antar struktur tanah, berbeda dengan tanah yang massiv atau padat. Pada tanah padat, antara butiran tanah yang satu dengan yang lain saling berhimpitan, dan tidak ada lagi ruang terbuka.

Kunci Jawaban Tes Formatif Konsistensi Tanah

a. Konsistensi tanah menunjukkan integrasi antara kekuatan daya kohesi butir-butir tanah dengan daya adhesi butir-butir tanah dengan benda lain. Keadaan tersebut ditunjukkan dari daya tahan tanah terhadap gaya yang akan mengubah bentuk. Gaya yang akan mengubah bentuk tersebut misalnya pencangkulan, pembajakan, dan penggaruan. Tanah-tanah yang mempunyai konsistensi baik umumnya mudah diolah dan tidak melekat pada alat pengolah tanah.
b. Konsistensi basah merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah di atas kapasitas lapang (*field cappacity*).
c. Konsistensi lembab merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah sekitar kapasitas lapang.
d. Konsistensi kering merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah kering udara.
e. Penetapan konsistensi tanah dapat dilakukan dalam tiga kondisi, yaitu, (1) basah, (2) lembab, dan (3) kerin
f. Porositas tanah adalah proporsi atau perbandingan ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara. Porositas ini merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah yang baik. Tanah porositasnya baik berarti tanah yang cukup mempunyai ruang pori untuk pergerakan

air dan udara, sehingga air dan udara dapat masuk dan keluar tanah secara leluasa. Sedangkan suatu tanah yang porositasnya jelek tidak mempunyai ruang pori, hail ini ditandai dengan kondisi udara tidak dapat secara leluasa keluar dan masuk ke tanah, dan kondisi tergenang

Kunci Jawaban Tes Formatif Warna Tanah

a. Warna tanah perlu ditetapkan karena dengan mengetahui warna tanah tersebut dapat diketahui kondisi yang berkaitan dengan tanah tersebut, misalnya kesuburan tanah, kondisi aerasi dan drainase lahan.
b. Bercak atau mottling adalah warna tertentu yang terdapat pada profil tanah akbibat adanya kondisi reduksi logam pada tanah, terutama pada tanah yang kondisi drainase dan aerasinya kurang baik.
c. Warna tanah yang diperlihatkan pada profil tanah adalah berasal dari komponen-komponen penyusun tanah itu sendiri. Misalnya warna kelam menunjukkan kandungan bahan organik,
d. Dengan mengetahui warna tanah, minimal ada beberapa kondisi tanah yang diketahui, yaitu (1) kandungan bahan organik, (2) intensitas pencucian unsur hara, (3) kandungan komponen pasir (SiO_2), (4) asal bahan induknya, (5) tingkat perkembangan tanah.
e. Komponen dasar warna tanah ada 3 jenis, yaitu hue, value dan chroma

Kunci Jawaban Tes Formatif Suhu Tanah

a. Suhu tanah sangat berpengaruh terhadap tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Hal ini karena suhu tanah mempengaruhi kelembaban, aerasi, struktur, aktivitas mikrobial, dan proses enzimatik, penguraian sisa tanaman dan ketersediaan unsur hara tanaman. Selain itu juga berpengaruh terhadap proses perkecambahan biji, akar tanaman

dan mikrobia tanah secara langsung dipengaruhi oleh suhu tanah.

b. Gangguan-gangguan yang mungkin terjadi pada saat pengukuran suhu tanah adalah (1) pengaruh radiasi matahari langsung dan pantulannya oleh benda-benda sekitar, (2) gangguan tetesan air hujan, (3) tiupan angin yang terlalu kuat, (4) pemanasan dan pendinginan permukaan tanah setempat.
c. Jenis-jenis pengukuran suhu tanah (1) pengukuran suhu harian rata-rata, (2) pengukuran suhu rata-rata mingguan, (3) pengukuran suhu rata-rata bulanan dan (4) pengukuran suhu rata-rata tahunan.
d. Pengukuran suhu tanah biasa dilakukan pada kedalaman 3, 5 dan 10.
e. Suhu tanah normal adalah angka rata-rata suhu tanah yang diambil dalam waktu 30 tahun.

C. Penilaian

Pada Kegiatan Pembelajaran 1 tentang Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian pada sub Struktur tanah, penilaian dilakukan terhadap komponen berikut, yaitu penilaian sikap, penilaian pengetahuan dan penilaian keterampilan.

1. Penilaian Sikap

Penilaian sikap terdiri dari Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti). Lembaran ini diisi oleh guru/peserta didik/teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk Penskoran :

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Skor perolehan}}{\text{skor tertinggi}} \text{ x } 4 = \text{skor akhir}$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 4 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} \text{ x } 4 = 2.8$$

Peserta didik memperoleh nilai :

Sangat Baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80 – 100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70 – 79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2.40 – 2,79 (60 – 69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang 2.40 (kurang dari 60%)

Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………………..

Kelas : ……………………………………………………………………………..

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………………..

Materi Pokok : ……………………………………………………………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan kegiatan pembelajaran				

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil dan selesai mengerjakan sesuatu.				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

Sikap Sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………….

Kelas : ……………………………………………………………………….

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………….

Materi Pokok : ……………………………………………………………………….

No.	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Teliti dalam membaca buku teks				
2.	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3.	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4.	Teliti pada saat praktek				
5.	Teliti dalam membuat laporan/ presentasi				
Jumlah Skor					

2. Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis.

Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai hasil tugas peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai nilai tugas yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut

No.	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
1)	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2)	Hasil Pengumpulan informasi	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
3)	Penyusunan Laporan	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
4)	Presentasi	Tidak baik	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik

Nama Peserta Didik : ………………………………………………………………………...

Kelas : ………………………………………………………………………...

Tanggal Pengamatan : ………………………………………………………………………...

Materi Pokok : ………………………………………………………………………...

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
1.	Pemahaman materi pada buku teks					

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
2.	Hasil Pengumpulan informasi					
3.	Penyusunan Laporan					
4.	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Catatan :
Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah 3 x 4 = 12, sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16.

Penilaian Tes Tertulis

1. Penilaian Tes Tertulis Pendahuluan (Struktur Tanah)

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Apa yang dimaksud dengan struktur tanah ?	Struktur tanah adalah susunan butir-butir primer tanah dan agregat–agregat primer tanah secara alami menjadi bentuk tertentu yang dibatasi oleh bidang-bidang yang disebut agregat.	25
2.	Apa saja yang mendasari pengelompokan struktur tanah ?	Pengelompokan struktur tanah didasarkan pada 3 kategori, yaitu: ii) Tipe yaitu menurut bentuk dan susunan ped, terdiri dari bulat, lempeng, balok dan prisma iii) Kelas yaitu bentuk struktur yang terbentuk dari ped-ped penyusunnya tipe struktur tanah. iv) Tingkat yang menunjukkan derajat perkembangan struk-	25

		tur tanah.	
3	Jelaskan jenis struktur tanah berdasarkan bentuknya	Lempeng (platy), prismatik, tiang (*columnar*), gumpal bersudut, gumpal membulat, butiran dan remah.	25
4.	Jelaskan struktur tanah berdasarkan tingkat per kembangan atau keman-tapan struktur tanah.	Lemah jika diambil dari profil tanah untuk diperiksa hancur, Sedang jika struktur tanah agak kuat dan tidak hancur waktu diambil dari profil, Kuat jika struktur tanah memiliki butir-butir struktur tanah yang tidak rusak waktu diambil dari profil tanah dan tidak hancur walaupun digerak-gerakkan..	25
		Skor Total	100

2. Penilaian Tes Tertulis Biologi Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Apa yang dimaksud dengan tanah sebagai habitat mikro-organisme ?	Tanah sebagai habitat mikro-organisme dimaksudkan adalah tanah sebagai media alam untuk pertumbuhan dan melakukan segala aktivitas fisiologinya, bagi mikroorganisme. Hal ini berarti tanah menyediakan nutrisi, air dan sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktifitas mikroorganisme.	15
2.	Jelaskan sifat-sifat fisik tanah yang berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme tanah !	Sifat-sifat fisik tanah yang ber-pengaruh terhadap mikroorga-nisme adalah struktur tanah, udara tanah atau aerasi tanah, ketersediaan air dan suhu tanah.	10
3	Jelaskan sifat-sifat kimia tanah yang berpengaruh terhadap mikroorganisme tanah!	Sifat-sifat kimia tanah yang berpengaruh terhadap mikro-organisme tanah adalah pH tanah, potensial redoks dan ada tidaknya substrat yang bersifat racun.	15

4.	Jelaskan apa yang dimaksud dengan simbiosis antara organisme tanah .	Simbiosis adalah bentuk inter-aksi antara organisme dalam tanah, baik yang saling memberi-kan pengaruh positif pada masing-masing populasi, baik dalam bentuk *mutualisme* maupun *protokooperatif*.	15
5.	Apa yang dimaksud dengan simbiosis parasitisme atau amensalisme ?	Parasitisme atau amensalisme adalah bentuk interaksi antara organisme tanah yang merugikan salah satu populasi.	10
6.	Bagaimana cara organisme tanah berperan sebagai pengendali kesuburan tanah ?	Organisme tanah (mikrofauna, makrofauna dan mikroflora) berperan dalam kesuburan tanah melalui aktivitasnya sebagai pengendali kesuburan tanah dengan cara memperbaiki beberapa sifat fisik tanah yang meliputi (1) struktur tanah, (2) tekstur dan kosestensi tanah, (3) retensi dan pergerakan air, serta (4) pertukaran gas.	20
7	Jelaskan sifat-sifat fisik tanah yang dapat dipengaruhi oleh cacing tanah!	Sifat-sifat fisik tanah yang terbenahi oleh aktivitas cacing tanah adalah (1) terbentuknya pori makro akibat dari terbentuknya liang cacing, (2) terciptanya struktur tanah yang remah, (3) menurunnya bobot isi tanah dan (4) meningkatnya daya simpan air.	15
		Skor Total	100

3. Penilaian Tes Tertulis Porositas Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Apa yang dimaksud dengan porositas tanah ?	Porositas adalah proporsi ruang pori total atau ruang kosong yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara, sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah yang baik.	10
2.	Jelaskan jenis-jenis porositas tanah berdasarkan ukuran	Berdasarkan ukuran diameter ruang porinya, pori-pori tanah dibagi menjadi 3 kelas, yaitu: (1) pori makro jika pori tanah	15

	diameter ruang porinya!	berdiameter > 90 μm, (2) pori sedang jika pori berdiameter (90 - 30 μm), dan (3) pori mikro jika pori tanah berdiameter (< 30 μm).	
3	Jelaskan peran pori-pori makro tanah!	Pori-pori makro tanah biasanya terisi oleh udara atau air gravitasi pada saat kondisi air banyak. Karena ukuran ruang porinya besar, maka ruang pori ini tidak bisa menahan air, sehingga disebut juga sebagai pori drainase. Jadi fungsi pori makro adalah sebagai pori untuk mengeluarkan kelebihan air dari profil tanah.	10
4.	Jelaskan peran pori-pori mikro tanah	Pori-pori mikro adalah jenis pori yang ukurannya kecil, bahkan lebih kecil dari ukuran diameter air, sehingga pori ini dapat menahan air. Maka peran pori-pori mikro tanah adalh untuk menaham air di dalam tanah agar tersedia bagi tanaman.	10
5.	Berdasarkan pengaruhnya terhadap air, maka pori-pori tanah dibedakan menjadi 5 jenis, jelaskan.	Berdasarkan pengaruhnya ter-hadap air, pori-pori tanah dibedakan menjadi 5 kelas, yaitu: (1) pori pengikat jika berdiameter < 0,005 μm, (2) pori residual (0,005 - 0,1 μm), (3) pori penyimpan (0,1 - 50 μm), (4) pori transmisi (50 - 500 μm), dan (5) celah (>500 μm).	15
6.	Faktor faktor apa saja yang mempengaruhi porositas tanah ?	Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (1) kandungan bahan organik, (2) tekstur tanah, dan (3) struktur tanah.	10
7.	Jelaskan cara menentukan porositas tanah.	Porositas dapat ditentukan melalui dua cara, yaitu: 1. Selisih bobot tanah jenuh dengan bobot tanah kering oven, misalnya bobot tanah jenuh = 100 gcm^{-3} dan bobot tanah kering oven = 50 gcm^{-3}, maka berarti ruang pori total tanah = 100% x (100 – 50) = 50%, atau 2. Perbandingan BI:BP adalah ukuran volume tanah yang ditempati bahan padat, misalnya tanah mempunyai BI = 1,3 gcm^{-3} dan BP = 2,6 gcm^{-3}, maka proporsi bahan padat tanah = (1,3 : 2,6) x	15

		100% = 50% dan ruang pori total = 100% - 50% = 50%.	
	Mengapa pada tanah yang aerasinya buruk akan meng-hambat pertumbuhan tanaman ?	Tanah beraerasi buruk, akan terjadi penghambatan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman akibat tertekannya (1) pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanaman; (2) respirasi akar, (3) penyerapan air dan unsur hara, (4) aktivitas mikrobia yang terkait dengan kesuburan tanah.	15
		Skor Total	100

4. Penilaian Tes Tertulis Konsistensi Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Apa yang dimaksud dengan konsistensi tanah ?	Konsistensi tanah adalah suatu kondisi yang menunjukkan in-tegrasi antara kekuatan daya kohesi butir-butir tanah dengan daya adhesi butir-butir tanah dengan benda lain. Keadaan tersebut ditunjukkan dari daya tahan tanah terhadap gaya yang akan mengubah bentuk. Gaya yang akan mengubah bentuk tersebut misalnya pencangkulan, pembajakan, dan penggaruan.	10
2.	Apa hubungan konsistensi tanah dengan pengolahan tanah ?	Tanah-tanah yang mempunyai konsistensi baik umumnya mu-dah diolah dan tidak melekat pada alat pengolah tanah.	5
3	Bagaimana cara menentukan konsistensi tanah ?	Konsistensi tanah penetapannya dapat dilakukan dengan tiga kondisi, yaitu, (1) basah, (2) lembab, dan (3) kering.	5
4.	Apa yang dimaksud dengan penetapan konsistensi tanah dalam keadaan basah ?	Konsistensi basah adalah cara penetapan konsistensi tanah dengan kondisi kadar air tanah di atas kapasitas lapang (*field cappacity*).	5
5.	Apa yang dimaksud dengan konsistensi	Konsistensi lembab merupakan penetapan konsistensi tanah pada	5

	lembab ?	kondisi kadar air tanah sekitar kapasitas lapang.	
6.	Faktor faktor apa saja yang mempengaruhi porositas tanah ?	Konsistensi kering adalah cara penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah kering udara.	10
7.	Jelaskan pengelompokkan kon-sistensi tanah dalam keadaan basah.	Pada kondisi basah, konsistensi tanah dibedakan berdasarkan tingkat plastisitas dan tingkat kelekatan.	10
8	Jelaskan jenis tingkat plastistas tanah yang ditetapkan dalam keadaan basah.	Tingkatan plastisitas ditetapkan dari tingkatan sangat plastis, plastis, agak plastis, dan tidak plastis (kaku).	5
9	Jelaskan jenis-jenis kelekatan tanah yang ditetapkan dalam keadaan basah ?	Tingkatan kelekatan ditetapkan dari tidak lekat, agak lekat, lekat, dan sangat lekat.	5
10	Jelaskan jenis-jenis konsistensi tanah dalam keadaan lembab!	Pada kondisi lembab, konsis-tensi tanah dibedakan ke dalam tingkat kegemburan sampai dengan tingkat keteguhannya. Konsistensi lembab dinilai mulai dari: lepas, sangat gembur, gembur, teguh, sangat teguh, dan ekstrim teguh. Konsistensi tanah gembur berarti tanah tersebut mudah diolah, sedangkan konsistensi tanah teguh berarti tanah tersebut agak sulit dicangkul.	10
11	Jelaskan jenis-jenis konsistensi tamah dalam keadaan kering!	Pada kondisi kering, konsistensi tanah dibedakan berdasarkan tingkat kekerasan tanah. Konsistensi kering dinilai dalam rentang lunak sampai keras, yaitu meliputi: lepas, lunak, agak keras, keras, sangat keras, dan ekstrim keras.	10
12	Apa yang dimaksud dengan tingkat kelekatan tanah ?	**Tingkat** k**elekatan** tanah adalah kondisi yang menyatakan tingkat kekuatan daya adhesi antara butir-butir tanah dengan benda lain.	10
13	Jelaskan pengelompokkan ke-	Kelekatan tanah dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu (1) Tidak lekat (nilai 0) yaitu dicirikan tidak	10

	lekatan tanah	melekat pada jari tangan atau benda lain, (2) agak lekat (nilai 1) yaitu dicirikan sedikit melekat pada jari tangan atau benda lain, (3) Lekat (nilai 2) yaitu dicirikan melekat pada jari tangan atau benda lain, (4) Sangat lekat (nilai 3) yaitu dicirikan sangat melekat pada jari tangan atau benda lain.	
		Skor Total	100

5. Penilaian Tes Tertulis Warna Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Jelaskan apa yang dimaksud dengan hue pada warna tanah?	Hue adalah petunjuk atau indikator yang menerangkan tentang warna dominan tanah.	15
2.	Berdasarkan pada hue, ada berapa jenis warna tanah ? Jelaskan!	Berdasarkan **hue**, warna tanah dibedakan menjadi 10 warna, yaitu Y (*yellow=kuning*), YR (*yellow-red*), R (*red=merah*), RP (*red-purple*), P (*purple* = ungu), PB (*purple - brown*), B (*brown* = coklat), BG (*brown-gray*), G (*gray = kelabu*), dan GY (*gray - yellow*).	25
3	Jelaskan nilai-nilai hue yang terdapat pada buku Munsell.	Nilai-nilai hue yang ada pada buku Munsel adalah 2.5, 5.0, 7.5 dan 10.	15
4.	Apa yang dimaksud dengan value pada warna tanah ?	Value pada warna tanah adalah menunjukkan variasi warna jika dibandingkan dengan warna putih absolut, dan menunjukkan gradasi atau tingkatan warna dari warna putih (10) ke warna hitam (0).	15
5.	Apa yang dimaksud dengan chroma pada warna tanah?	Chroma pada warna adalah adalah tingkat kemurnian warna atau derajat pembeda perubahan warna dari kelabu atau putih netral ke warna lain.	15
6.	Berikan contoh warna tanah.	Contoh warna tanah 2.5 YR 4/2 yang berarti tanah berwarna coklat kemerahan gelap.	15

		Skor Total	100

6. Penilaian Tes Tertulis Suhu Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Jelaskan pengelompokkan ter-mometer berdasarkan pada prinsip kerjanya !	Berdasarkan prinsipnya termo-meter dapat di golongkan dalam empat macam, yaitu, (1) berdasarkan prinsip pemuaian, (2) berdasarkan arus listrik, (3) perubahan tekanan dan volume gas, (4) peubahan gelombang cahaya yang di pancarkan oleh suatu permukaan bersuhu tinggi.	15
2.	Apa yang dimaksud dengan suhu maksimum, minimum dan optimum ?	Suhu maksimum adalah suhu tertinggi dimana tanaman masih dapat tumbuh. Suhu minimum adalah suhu terendah dimana tanaman masih dapat hidup. Suhu optimum adalah suhu yang dibutuhkan tanaman dimana proses pertumbuhannya dapat berjalan lancar.	25
3	Jika dilihat dari kondisi iklim, faktor apa saja yang berpengaruh terhadap suhu tanah ?	Kondisi iklim atau cuaca yang mempengaruhi suhu tanah adalah (a) radiasi surya, (b) kondisi awan, (c) hujan, (d) suhu udara, (e) angin, dan (f) kelembaban udara.	15
4.	Jika ditinjau dari kondisi tanah, faktor apa saja yang mempe-ngaruhi suhu tanah ?	Kondisi tanah yang mempe-ngaruhi suhu tanah adalah (a) tekstur tanah, (b) kadar air tanah, (c) kandungan bahan organik, (d) warna tanah, (e) struktur tanah	15
5.	Dari kondisi topografi tanah, faktor apa saja yang mempengaruhi suhu tanah ?	Kondisi topografi tanah, yang mempengaruhi suhu tanah adalah (a) kemiringan lereng, (b) arah lereng, (c) tinggi permukaan tanah, (d) vegetasi	15
6.	Bagaimana cara mengen-dalikan suhu tanah agar sesuai untuk	Pengendalian suhu tanah dapat dilakukan dengan cara (1) penambahan atau pengurangan air	15

	pertumbuhan tanaman ?	lebih dari tanah, (2) menutupi tanah dengan tanaman (3) Pemulsaan.	
		Skor Total	100

3. Keterampilan

Penilaian keterampilan terdiri dari: Penilaian Praktek pada saat melaksanakan Lembar Kerja.

Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai keterampilan peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai kemampuan yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

4 = dilaksanakan dengan cara yang benar, dan lancar

3 = dilaksanakan dengan cara yang benar, namun tidak lancar

2 = dilaksanakan, namun caranya salah

1 = tidak dilaksanakan

No	**Aspek yang dinilai**	**Skor**				**Nilai**
		1	**2**	**3**	**4**	
1.	Diisi oleh Guru.....					
2.						
3.						
4.						
5.						
dst.						

$$\text{Nilai tes pratek peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Kegiatan Pembelajaran 2. Proses-proses Yang Terjadi Dalam Tanah (44 jam)

A. Deskripsi

Kegiatan Pembelajaran 2 tentang Proses-proses yang terjadi dalam tanah berisikan materi yang dibahas secara runtun, yaitu (1) Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah, (2) Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Tanah, (3) Air Tanah dan Sifat-sifatnya.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 2 tentang Proses-proses yang Terjadi dalam Tanah diharapkan Anda dapat :

a) Menganalisis Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah
b) Menganalisis Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah
c) Menganalisis Air Tanah dan Sifat- sifatnya

2. Uraian Materi

2.1 Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

Pada awal pembentukannya lapisan permukaan bumi ini, masih berupa lempengan yang kontinyu berbahan mineral, kemudian sejalan dengan waktu yang lama terjadi proses yang melibatkan gaya-gaya alam berupa benturan fisik dari meteor, letusan gunung api, gempa bumi, pengaruh air hujan, dan perubahan panas dingin, akhirnya lempengan ini menjadi pecah dan hancur membentuk batuan yang kemudian terpecah membentuk partikel-partikel yang menjadi bahan induk tanah. Proses pembentukan tanah membutuhkan waktu yang sangat lama.

Secara sederhana proses pembentukan tanah dapat dibedakan menjadi 3 tahap, yaitu (1) pelapukan batuan induk atau bahan mineral menjadi

bahan induk, (2) perubahan bahan induk menjadi profil tanah (*pedogenesa*), (3) pembentukan profil tanah (perkembangan horizon).

Bahan Induk Tanah dan Proses Pelapukannya

Jenis dan Susunan Mineral Tanah

Lapisan kerak bumi tersusun oleh berbagai unsur kimia baik yang berfungsi sebagai sumber unsur hara tanaman maupun yang berfungsi lain. Mineral-mineral yang dibutuhkan tanaman dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) berasal dari kerak bumi, (2) berasal dari luar. Pembagian kedua kelompok tersebut adalah sebagai berikut:

1) Mineral dari kulit bumi. Ada delapan jenis unsur kimia paling mendominasi kulit bumi, yaitu (1) Oksigen (O_2) sebesar 44.6%, (2) Silikum (Si) 27.7%, (3) Aluminium (Al) 8.13%, (4) Besi (Fe) 5%, (5) Kalsiun (Ca) 3.59%, (6) Natrium (Na) 2.8%, (7) Kalium (K) 2.6% dan (80 Magnesium (Mg) 2.09%, selain itu hanya terdapat kurang dari 0,15%;

2) Mineral dari luar kulit bumi. Semua unsur hara esensial terdapat dalam lithosfer, kecuali hidrogen yang bersumber dari air dan nitrogen dari gas N_2 di atmosfer. Atmosfer juga mengandung gas-gas hidrogen, oksigen, karbon, nitrogen, dan sulfur yang melalui serangkaian reaksi akan tersedia bagi tanaman.

Unsur-unsur yang berasal dari kulit bumi bisanya berada dalam bentuk mineral primer, sekunder, pelengkap, oksida, hidroksida bebas, garam-garam dan senyawa-senyawa organik kompleks maupun sederhana. Unsur-unsur ini hanya tersedia bagi tanaman apabila mineral sumbernya telah mengalami pelapukan dan peruraian menjadi bentuk senyawa yang lebih sederhana.

Mineral primer merupakan mineral kompleks yang berasal dari dalam bumi melalui aktivitas aliran lava atau magma letusan gunung berapi, lalu membeku membentuk batuan. Di dalam tanah, biasanya mineral primer ini dijumpai sebagai fraksi kasar berukuran lebih dari 2 mikron (kerikil, pasir dan debu).

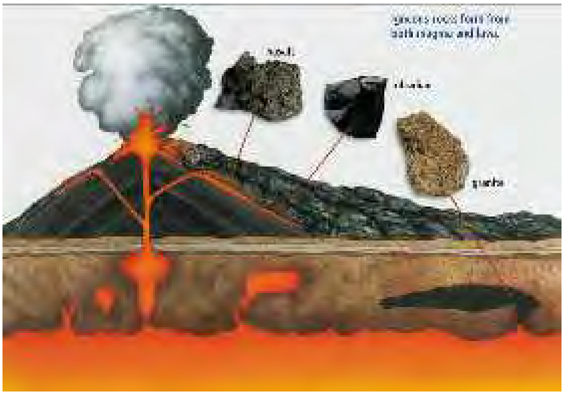
Mineral sekunder adalah mineral yang merupakan hasil proses pelapukan mineral primer, sehingga mengalami perubahan susunan kimianya. Berdasarkan cara pembentukannya, batuan induk dikelompokkan menjadi 3 golongan, yaitu:

1) Batuan beku (*igneous rock*) adalah batuan yang terbentuk dari proses pembekuan magma cair. Berdasarkan letak pembekuannya, maka dibedakan menjadi, (1) batuan beku dalam (*plutonik*), jika proses pembekuan terjadi jauh di bawah tanah, (2) batuan beku gang (*intrusi*), jika pembekuannya terjadi pada lubang atau jalan keluar ke permukaan tanah, dan (3) batuan vulkanik atau lelehan (*ekstrusi*), jika pembekuannya terjadi dipermukaan bumi.

   Batuan vulkanik yang berasal dari lelehan magma disebut *efusi*, sedangkan jika keluarnya terlempar ke udara disebut *eflata*. Beberapa jenis batuan yang termasuk dalam golongan batuan beku antara lain *granit*, *andesit*, *syenit*, *basalt*, *gabro* dan *diabase*.

2) Batuan endapan (*sedimentary rock*) yaitu batuan yang terbentuk dari proses penumpukan dan pemadatan endapan partikel yang terbawa oleh angin atau air di permukaan bumi. Jika batuan ini terbentuk melalui pemadatan yang diakibatkan oleh proses mekanis disebut *batuan endapan elastik*, sedangkan jika terbentuk dari endapan termasuk larutan yang pemadatannya dipengaruhi oleh proses-proses kimiawi disebut *batuan endapan non elastik*. Termasuk dalam golongan batuan endapan antara lain batu kapur, batu pasir, batu debu, batu pasir berkapur, batu serpih (*shale*) dan konglomerat.

3) Batuan peralihan (*metamorf rock*) yaitu batuan beku atau batuan sedimen yang telah mengalami perubahan bentuk sebagai akibat adanya pengaruh perubahan suhu, tekanan, cairan atau gas aktif. Termasuk dalam golongan ini antara lain gneiss, granit, batu serpih, marmer, batu pasir kuarsa.



Gambar 2.1 Letusan Gunung Berapi Sebagai Sumber Mineral Tanah

Perbandingan mineral batuan beku dan batuan endapan dapat dilihat pada Tabel 2.1, sedangkan persentase senyawa kimiawi pada beberapa mineral primer atau sekunder dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa batuan beku didominasi mineral primer berupa feldspar, amfibol dan piroksin serta kuarsa, dan sedikit mineral sekunder.

Tabel 2.1. Susunan Mineral Batuan (%)

Mineral inti	Asal	Batuan beku	Batu serpih	Batu-pasir
Feldspar	Primer	59.5	30.0	11.5
Amfibol dan piroksin	Primer	16.8		Sedikit
Kuarsa	Primer	12.0	22.3	66.8
Mika	Primer	3,8	-	Sedikit
Titanium	Primer	1.5	-	Sedikit
Apatit	Primer dan sekunder	0.6	-	Sedikit
Liat (clay)	Sekunder	-	25.0	6.6
Limonit	Sekunder	-	5.6	1.8
Karbonat	Sekunder	-	5.7	11.1
Mineral lainnya	Sekunder	5.8	11.4	2.2

Batuan sedimen berupa batu serpih dan batu pasir yang mengandung 55.3 – 78.3% mineral primer, atau 44.7 – 21.7% mineral sekunder yang didominasi liat 25.0% dan karbonat 11.1%.

Tabel 2.1 ini menunjukkan bahwa susunan utama kimiawi mineral tanah adalah silika (SiO_2) dan Alumunium oksida (Al_2O_3), dimana keduanya tersusun secara proporsional, misalnya pada muskovit susunannya adalah 34 - 37% Al_2O_3 dan 44-46% SiO_2. Magnetit dan limonit yang merupakan mineral primer dan hanya tersusun oleh besi oksida, magnetit lebih didominasi Fe_2O_3. Sedangkan limonit lebih didominasi FeO. Rutil 100% TiO_2, mineral apatit hanya tersusun oleh CaO dan P_2O_5, mineral olivin didominasi tambahan MgO, dan mineral ortoklas dominan tambahan K_2O dan Na_2O. Jika dilihat dari susunan bahan kimianya, maka mineral primer yang paling penting sebagai sumber hara makro (P, Ca, Mg dan K) adalah apatit, olivin dan ortoklas. Secara keseluruhan, sumber Ca potensial meliputi apatit, epidot, augit dan anortit, sedangkan sumber Mg potensial meliputi olivin, biotit, horblende dan augit, dan sumber K potensial mencakup ortoklas, muskovit dan biotit.

Berdasarkan kadar silika (SiO_2) dalam batuan, batuan diklasifikasikan menjadi, (1) Batuan asam, jika kandungan silika (SiO_2) > 65%, misalnya granit, rhiolit, batuan pasir dan gneiss, (2) Batuan netral (*intermedier*), jika kandungan silika (SiO_2) 55-65%, misalnya syenit, diorit dan andesit, (3) Batuan basa, jika kadar silika (SiO_2) < 55%, misalnya batuan gabro, basalt, batu kapur dan diabase. Golongan ini kaya akan Ca, Mg, Na dan Fe.

Proses Pelapukan Batuan

Proses pelapukan batuan merupakan proses alamiah akibat bekerjanya gaya-gaya alam. Proses ini meliputi proses yang terjadi secara fisik maupun kimiawi yang menyebabkan terjadinya penguraian batuan dan perubahan mineral penyusunnya menjadi material lepas di permukaan bumi.

Regolit ini mempunyai kedalaman dan ketebalan yang bervariasi, tergantung intensitas dan ekstensitas proses pelapukan yang terjadi.

Kecepatan proses pelapukan batuan dapat dilihat dari komposisi mineral atau senyawa kimia penyusunnya;

a) Batuan sedimen umumnya tidak melapuk secepat batuan beku maupun batuan peralihan, dan batu pasir lebih tahan dari pada batu kapur. Hal ini karena bentuknya yang lebih padat.
b) Batuan yang susunan mineralnya lebih kompleks akan melapuk lebih mudah dari pada mineral yang lebih sederhana, karena dengan makin kompleksnya komposisi mineral akan makin variatif pori-pori antar molekul yang terbentuk dan makin tidak rata permukaannya, sehingga makin mudah mengalami proses pelapukan.
c) Batuan basa lebih cepat lapuk dibandingkan dengan batuan asam, karena mengandung silikatnya lebih tinggi, dimana senyawa silikat penyusunnya yang relatif lambat melapuk dan dengan lebih banyaknya senyawa lain yang mudah lapuk. Tanah yang terbentuk dari batuan asam akan bersifat fisik lebih baik, misalnya tanah dengan batuan induk granit, sedangkan yang berasal dari batuan basa akan memiliki sifat kimiawi lebih baik, misalnya tanah berbahan induk basalt yang lebih kaya P dan Ca.

Jika ditinjau dari tingkat kemudahan pelapukan batuan, maka batuan yang paling mudah lapuk sampai yang paling sulit melapuk adalah basalt, gneiss, granit, hornblende dan andesit. Proses pelapukan sangat dipengaruhi oleh iklim dan jenis batuan. Proses pelapukan batuan terjadi melalui dua mekanisme yaitu pelapukan fisik dan pelapukan kimiawi.

Pelapukan Fisik

Pelapukan fisik adalah proses penghancuran batuan padat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil tanpa diikuti oleh perubahan susunan kimiawi batuan tersebut. Proses ini sangat dominan pada kondisi suhu rendah seperti di kutub atau pada kondisi suhu tinggi di padang pasir.

Proses pelapukan fisik terutama dipengaruhi oleh perubahan suhu secara drastis dan oleh pengaruh pukulan air hujan, selain itu dapat dipengaruhi oleh masuknya akar tanaman ke dalam batuan dan aktivitas makhluk hidup lainnya.

Batuan yang tersusun oleh berbagai mineral yang berbeda sifat fisik dan kimiawinya jika tiba-tiba mengalami perubahan suhu drastis, maka akan berkerut pada suhu rendah dan mengembang pada suhu tinggi, sehingga timbul retakan-retakan yang kemudian memicu pecahnya batuan ini. Kecepatan proses ini tergantung pada kondisi fisik batuan. Batuan yang memiliki permukaan kasar lebih cepat dibandingkan yang halus, dan batuan berwarna gelap akan lebih banyak menyerap panas sehingga lebih cepat melapuk dibadingkan yang berwarna terang.

Proses pelapukan fisik yang dipicu air dapat terjadi melalui beberapa cara:

a) Pada batuan yang telah retak, air masuk ke celah batuan, kemudian membeku pada suhu dingin. Pembekuan ini menyebabkan membesarnya rekahan-rekahan tersebut. Melaui tekanan, proses perubahan panas dan adanya air berupa siklus membeku dan mencairnya air yang silih ber-ganti, maka batuan menjadi pecah. Mekanisme ini umumnya terjadi pada daerah beriklim dingin.
b) Pukulan butir-butir hujan dan aliran air menyebabkan terjadinya pengikisan dan retaknya batuan, akan menghasilkan partikel halus yang terangkut ke tempat-tempat rendah.

Pelapukan Kimiawi

Proses pelapukan kimiawi adalah proses pelapukan yang menyebabkan perubahan susunan kimiawi batuan, dan proses ini biasanya diikuti oleh proses pelapukan fisik, sehingga apabila kedua proses tersebut terjadi bersamaan akan menyebabkan terjadinya perubahan susunan kimia dan ukuran pecahan batuan. Melalui proses ini bagian permukaan batuan dapat kehilangan sebagian mineral penyusunnya atau mengalami

perubahan susunan kimiawinya yang kemudian menyebabkan terbentuknya mineral sekunder.

Mekanisme yang menyebabkan perubahan susunan kimiawi ini meliputi, (1) pelarutan, (2) hidratasi, (3) hidrolisis, (4) oksidasi, (5) reduksi, (6) karbonatasi dan (7) asidifikasi (pengasaman).

Proses Pelarutan

Proses pelarutan secara alamiah terjadi karena adanya air. Proses pelarutan akan meningkat apabila mengandung senyawa-senyawa terlarut, seperti CO_2, asam-asam organik maupun senyawa anorganik tertentu. Larutan CO_2 dalam air akan meningkatkan daya reaksi terhadap piroksin dan amphibol, kemudian feldspar, dan yang paling resisten adalah ortoklas dan mika. Natrium klorida (NaCI) yang mendominasi mineral seperti *halit* merupakan garam yang mudah larut dalam air. Urutan kemudahan larut senyawa-senyawa anion:

$$Cl^- > NO_3^- > SO_4^{2-} > CO_3^- > Ca > PO_4^- > Mg$$

Sedangkan urutan mobilitas relatif senyawa-senyawa adalah sebagai berikut;

$$Cl^- > SO_4^{2-} > Ca^{2+} > Na+ > Mg^{2+} > K^+ > SiO, > Fe_2O_3 > Al_2O_3$$

Akibat rendahnya mobilitas ini, maka (1) dari SiO_2, dan Al_2O_3 terbentuklah mineral-mineral liat, (2) dari Fe2O3 terbentuklah bercak konkresi dan endapan batu besi. Perbandingan dari masing-masing ke-9 senyawa tersebut dalam batuan akan menentukan kecepatan perubahan susunan kimiawi melalui reaksi pelarutan oleh air.

Hidratasi

Hidratasi adalah proses terbentuknya selaput air (*hidrat*) pada permukaan batuan, akibat terendam air. Karena proses ini, maka bidang permukaan, rusuk dan sudut kristal mineral batuan akan dijenuhi oleh molekul-molekul air dan membentuk lapisan air yang disebut selaput air (*mantel hidrat*). Selaput air ini berfungsi sebagai pelindung mineral terhadap pengaruh gaya-gaya dari luar. Pelapisan permukaan ini menyebabkan rusaknya bentuk dan kisi-kisi kristal dan melepaskan energi pengikatnya. Akibat kerusakan ini menyebabkan luas bidang permukaan yang mengalami hidratasi dan makin besar pengaruh tekanannya, sehingga kristal menjadi mudah pecah. Pecahan kristal ini kemudian menerima pengaruh gaya dari luar dan terjadilah proses pelapukan.
Sebagai contoh reaksi hidratasi adalah perubahan *hematit* (mineral besi berwarna merah) menjadi *limonit* (berwarna kuning) dan *kalsium anhidrat* menjadi *gips*, seperti reaksi di bawah ini :

$$2Fe_2O_3 + 3H_2 \leftrightarrow 2Fe_2.3\ H_2O \text{ atau } 4Fe(OH)_3 \text{ (limonit)}$$

$$CaS_4 + 2H_2O \leftrightarrow CaSO_4.H_2O\text{(gips)}$$

Hasil proses hidratasi ini menyebabkan mineral makin lunak, makin tinggi daya melarutnya dan makin besar volumenya, sehingga meningkatkan kepekaan bahan induk untuk mengalami proses pembentukan tanah. Namun demikian, pada kondisi suhu tinggi, proses sebaliknya adalah hilangnya selaput hidrat (dehidratasi), menyebabkan batuan menjadi makin keras.

Hidrolisis

Proses penguraian yang disebabkan oleh air (*hidrolisis*) pada batuan diakibatkan oleh hasil ionisasi air yang berfungsi sebagai asam lemah menjadi ion H^+ (pH rendah bersifat asam) dan OH^- (pH tinggi atau bersifat basa). Pada mineral silikat yang aktif adalah ion-ion H^+. Proses

hidrolisis yang sederhana dapat berupa pertukaran tempat (*substitusi*) antara ion-ion alkali pada kisi-kisi kristal mineral oleh ion-ion H^+ yang menghasilkan senyawa asam alumino silikat atau asam ferro silikat dan membebaskan hidroksida alkali.

Pada fase selanjutnya terjadi pemisahan asam silikat yang disertai modifikasi lapisan pada kisikisi kristalnya. Mekanisme ini terjadi dalam proses pemben-tukan, (1) asam silikat liat dari orthoklas, dan (2) liat kaolinit dari feldspar dengan reaksi sebagai berikut:

Orthoklas:

$$KAlSi_3O_8 + HOH \leftrightarrow HAlSiO_3 \text{ (asam silikat)} + KOH$$

Felsldspar: ;

$$K_2O.Al_2O_3.\ 6\ SiO_2 + 2H_2O \leftrightarrow H_2O.Al_2O_3.\ 6\ SiO_2 + 2K_2O$$

Kaolinit

$$H_2O.Al_2O_3.\ 6\ SiO_2 + H2O \leftrightarrow 4\ SiO_2 + Al_2O_3.\ 2\ SiO_2.\ 2H_2O$$

Proses hidrolisis merupakan proses yang sangat kompleks. Ion-ion hidroksil (OH^-) hasil reaksi ini akan bereaksi kembali dengan senyawa lain. Jika terdapat banyak gas CO_2, yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik tanah, maka akan segera membentuk senyawa karbonat atau bikarbonat. Intensitas proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh suhu yang tinggi.

Tabel 2.2. Susunan senyawa kimiawi (%) beberapa mineral primer utama tanah

Mineral	SiO_2	Al_2O_2	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
Kuarsa	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortoklas	62 - 66	18 - 20	-	-	-	0 – 3	-	9 -15	9 – 14	-
Albit	61 – 70	19 - 26	-	-	-	0 – 9	-	0 - 4	6 – 11	-
Anortit	40 – 45	28 - 37	-	-	-	10 - 20	-	0 - 2	0 – 5	-
Muskovit	44 – 46	34 - 37	0 - 2	0-4	-	-	0 – 3	11-8	0 - 5	-
Biotit	33 – 36	13 - 30	3 – 17	5 - 17	-	0 – 2	2 - 20	6 – 9	-	-
Horblende	38 – 58	0 - 19	0 - 6	0-22	-	0 - 15	2 – 26	0 - 2	1 - 3	-
Augit	45 – 55	3 - 10	0 - 6	1 - 14	-	16 - 26	6 – 20	-	-	-
Olivin	35 – 43	-	0 - 3	5 - 34	-	-	27 - 51	-	-	-
Epidot	35 – 40	30 - 37	0 - 30	-	-	20 - 25	-	-	-	-

Apatit	-	-	-	-	-	54 - 55	-	-	-	40-42
Magnetit	-	-	69	31	-	-	-	-	-	-
Tourmalin	35 – 40	30 - 37	0-10	0-10	-	0 – 6	0 – 12	-	0 - 6	-
Rutil	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
Limonit	-	-	0-10	50	-	-	-	-	-	-
Bebatuan effusi asam (liparit) dan abu vulkanik gunung Krakatau (van Mohr cit. Darmawijaya,										
Liparit	73,99	15,22	0,56	0,18	0,15	0,49	0,09	3,49	3,48	0,01
Abu volkan	52,92	16,84	1,57	6,54	1,42	8,74	5,39	0,82	3,35	0,35

Secara umum proses hidrolisis ini meliputi:

1) Pengurangan kadar silikat (SiO_2) atau yang dikenal dengan istilah *desilifikasi* dari batuan akibat terangkutnya asam-asam silikat oleh air perkolasi.
2) Pengurangan kadar alkalisasi bebatuan akibat adanya pelepasan senyawa-senyawa alkali melalui proses pencucian. Kedua proses ini merupakan proses umum yang terjadi di daerah beriklim tropis.
3) Pembentukan senyawa baru sebagai akibat adanya perubahan susunan kimiawi dan mineral batuan atau resistensi parsial hasil proses penguraian mineral dalam bentuk kompleks liat atau koloid organik.

Oksidasi

Reaksi oksidasi merupakan proses kimiawi yang menyebabkan berkurangnya jumlah elektron (muatan negatif) melalui penambahan oksigen maupun tanpa oksigen. Reaksi ini merupakan reaksi alamiah yang dominan karena udara mengandung 23.12 % oksigen.

Proses oksidasi pada batuan umumnya terjadi melalui oksidasi senyawa besi (Fe) dan Mangan (Mn), karena kedua logam ini mempunyai dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi dan bentuk teroksidasi. Terjadinya pergantian reaksi reduksi dan oksidasi ini menyebabkan proses pelapukan batuan secara kimiawi. Senyawa besi kompleks jika memiliki kandungan karbonat, sulfida atau silikat, sifatnya relatif lebih peka terhadap penguraian atau perubahan kimiawi, misalnya (1) proses oksidasi pirit (FeS) menjadi besi hidroksida dan asam sulfat, (2) proses

oksidasi olivin menjadi serpentin dan hematit, dan (3) ferro oksida menjadi ferri oksida (*hematit*):

(Reduksi) Oksidasi

2 FeS, *(pirit) + 7* H_2 0 + 15 O_2 ←→ 2 $Fe(OH)_3$ + 4 H_2 SO4

(Oksidasi)

12 $MgFeSiO_4$ *(olivin) + 8* H_2O + $3O_2$ ←→ 4 $H_4Mg_3SiO_9$ + 6 Fe_2O_3

4 FeO + O_2 ←→ 2 Fe_2O_3 *(hematit)*

Hasil reaksi oksidasi ini adalah penambahan volume yang meningkatkan kepekaan batuan untuk mengalami proses pelapukan selanjutnya.

Reduksi

Reaksi oksidasi dan reduksi merupakan reaksi bolak-balik, jika senyawa yang teroksidasi mengalami pengurangan elektron akibat penambahan atau tanpa oksigen, maka senyawa yang tereduksi akan terjadi sebaliknya. Pada daerah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi (*tanah gambut*), reaksi reduksi merupakan reaksi yang lebih dominan. Reaksi oksidasi reduksi bersifat enzimatik karena dipengaruhi oleh aktivitas mikrobia. Hasil reaksi antara lain meliputi:

1) Proses rekasi oksidasi besi hidroksida mengubah ferro menjadi ferri atau sebaliknya.
2) Reduksi sulfat menjadi sulfide.
3) Reduksi nitrat menjadi nitrit atau ammonia.

Pada kondisi yang didominasi proses reduksi, tanah yang terbentuk umumnya berwarna kelabu cerah dan banyak mengandung senyawa Fe dan Mn bermobilitas tinggi.

Karbonatasi

Karbonatasi adalah proses yang menyebabkan bereaksinya asam karbonat dengan basa membentuk basa karbonat. Asam karbonat

terbentuk akibat melimpahnya gas CO_2 dalam tanah hasil proses penguraian bahan organik atau terbawa air hujan. Meskipun bersifat asam lemah dan mudah terurai menjadi CO_2 dan air kembali, namun karena kadarnya tinggi maka pengaruhnya menjadi besar terhadap pelapukan batuan, terutama di daerah panas yang lembab.

Sebagai contoh adalah reaksi karbonatasi yang dialami orthoklas sebelum menghasilkan liat kaolinit, kalium karbonat dan SiO2 berikut:

$$KAlSi_3O_8 + 2\ H_2O + CO_2 \leftrightarrow H_4Al_2Si_2O_9 + K_2CO_3 + 4\ SiO_2$$

Proses karbonatasi ini seringkali disertai oksidasi dan hidratasi, baik berupa desilifikasi maupun bukan. Dalam batas-batas tertentu proses ini menyebabkan terjadinya pembebasan asam silikat-koloidal dari batuan silikat.

Pengasaman

Pengasaman atau *asidifikasi* adalah proses pelapukan batuan akibat pengaruh suasana asam. Asam yang berpengaruh dalam proses ini dapat berupa asam organik maupun asam anorganik, misalnya asam nitrat yang terkandung dalam air hujan atau asam sulfat hasil penguraian protein. Selanjutnya, kation-kation basa yang terbebaskan dari liat silikat tercuci dan membentuk kompleks koloid asam dan kemudian bereaksi dengan mineral seperti *Ca-feldspar*, *piroksin*, *amfibol* dan sejenisnya, sehingga proses pencucian basanya akan menghasilkan mineral silikat asam. Reaksi umum asidifikasi mineral ini adalah:

$$\text{Ca-feldspar} + \text{H-liat} \leftrightarrow \text{H-silikat} + \text{Ca-Liat}$$

Klasifikasi bahan induk

Bahan induk hasil proses pelapukan batuan dapat dikelompokkan menjadi 4 tahapan proses, yaitu:

1) Tahap I, menghasilkan pecahan batuan yang telah kehilangan senyawa-senyawa sulfur yang mengandung khlor.
2) Tahap II, menghasilkan pecahan batuan yang juga telah mulai kehilangan basa-basa (Ca, Na, K dan Mg).
3) Tahap III, menghasilkan pecahan batuan yang sebagian besar basa telah hilang, sehingga silikat dari struktur alumino silikatnya menjadi mudah berubah (mobil).
4) Tahap IV, menghasilkan pecahan batuan yang bentuk akhir hasil pelapukan, yang sebagian besar berupa sesquioksida.

Secara keseluruhan proses pelapukan batuan menghasilkan dua jenis material bahan induk yang siap diproses menjadi tanah, yaitu, (1) bahan residual (*sedimentary materials*), dan (2) bahan angkutan (*transported materials*).

Bahan Residual

Bahan residual merupakan bahan mineral yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan secara *in situ* (asli), sehingga mempunyai susunan kimiawi yang tergantung sepenuhnya pada batuan aslinya, dan biasanya kandungan unsur hanya relatif sedikit. Jenis-jenis bahan induk ini diberi nama sesuai dengan nama asalnya, yaitu:

1) Bahan induk batuan beku, seperti asal granit, basalt dan asal andesit.
2) Bahan induk batu sedimen, misalnya asal batu kapur, batu pasir dan asal shale.
3) Bahan induk batu alih rupa, seperti asal marmar, gneiss dan quarsit.
4) Untuk daerah rawa, bahan organik aslinya yang terbentuk dari proses dekomposisi sisa-sisa tanaman disebut endapan atau deposit gambut.

Tingkat kematangan gambut ini dapat dibedakan berdasarkan susunan bahan halusnya menjadi, (1) mentah (*fibrik*) jika kandungan material

halusnya kurang dari 33%, (2) sedang (hemik) jika kandungan material halus 33 - 66%, dan (3) matang (*saprik*) jika kandungan material halusnya > 66%.

Selain itu ada sistem lain yang membagi tingkat kematangan gambut menjadi dua, yaitu (1) *peat* jika keadaan gambut belum matang atau bentuk sisa-sisa tanaman asalnya masih terlihat, dan (2) *muck* jika keadaan gambut telah matang.

Bahan Angkutan

Bahan angkutan yaitu bahan hasil pelapukan yang dipindahkan dari tempat aslinya, biasanya berbentuk campuran sehingga relatif subur. Bahan angkutan ini berdasarkan jenis pembawanya dibedakan menjadi 4 golongan, yaitu:

1) Angkutan air oleh sungai menghasilkan *endapan aluvial,* angkutan oleh danau menghasilkan *endapan lakustrin* dan oleh laut menghasilkan *endapan marin.*
2) Angkutan angin, menghasilkan endapan aeolian yang membentuk bukit-bukit pasir (*sand dunes*) dan endapan *loes* (debu) yang terbentuk menyusul periode akhir glacial. Endapan pasir debu ini banyak terdapat di daerah padang pasir.
3) Angkutan gravitasi (gaya berat), menghasilkan endapan koluvial. Endapan ini biasanya terjadi di kawasan pegunungan atau perbukitan. Akibat runtuhnya dinding lereng bukit yang terjal, dan menumpuk di dasar jurang.
4) Angkutan es menghasilkan endapan glasial yang terangkut saat perpindahan bukit-bukit es pada musim semi. Apabila es ini mencair, maka material halus dan batuan yang tertahan pada proses pembekuan terbebas dan mengendap di tempat perhentian bukit es tersebut. Peristiwa ini umumnya terjadi di kawasan kutub, sedangkan di Indonesia dapat terjadi di Pegunungan Jayawijaya Papua.

Tipe dataran hasil endapan aluvial biasanya terbentuk di sepanjang tepian sungai dapat dibedakan menjadi:

1) Dataran banjir *(flood plain),* jika suatu daerah yang berbatasan dengan sungai dilanda banjir secara periodik.
2) Teras *(terrace),* yaitu endapan tua yang tidak lagi menerima banjir, terletak di belakang dataran banjir.
3) Delta, yaitu dataran yang terbentuk di muara sungai.

Daratan dari endapan lakustrin yang terbentuk di sekeliling danau dibedakan menjadi dataran banjir dan teras. Daratan yang terbentuk dari endapan laut (*marin*) juga dapat dibedakan menjadi daratan hasil *endapan aluvial*, hanya saja bahan mineral yang diendapkan berasal dari laut, oleh karena itu sungai-sungai yang tepiannya berbentuk daratan marin ini induknya selalu bermuara ke laut.
Areal yang masih terpengaruh gerakan pasang surutnya air laut ini disebut sebagai kawasan pasang surut, sedangkan yang tidak terpengaruh disebut kawasan rawa-rawa. Kedua tipe kawasan ini banyak terdapat di Pantai Timur Sumatera Selatan dan Jambi.

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Tanah

Berdasakan hasil penelitian tentang proses pembentukan tanah, menunjukkan bahwa terbentuknya tanah dipengaruhi oleh 5 faktor yaitu (1) iklim, (2) jasad hidup, (3) bahan induk, (4) topografi, dan (5) waktu.
Kelima faktor memiliki pengaruh yang berbeda dalam proses pembentukan tanah. Meskipun ada beberapa faktor yang sangat dominan dalam menentukan perkembangan tanah pada kondisi tertentu, namun semua faktor tersebut berhubungan erat satu dengan yang lainnya. Hubungan antara faktor-faktor pembentuk tanah dengan sifat-sifat tanah yang dihasilkan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$S = f(i, h, b, t, w)$$

Dimana ;

S = adaIah sifat tanah yang terbentuk;

f = fungsi

i = iklim

h = jasad hidup

b = bahan induk

t = topografi

w = waktu

Berdasarkan persamaan tersebut, sifat tanah yang terbentuk adalah fungsi dari pengaruh bersama semua faktor pembentuk tanah. Dari lima faktor pembentuk tanah tersebut dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

1) Faktor fasif yaitu faktor pembentuk tanah yang tidak reaktif membentuk tanah. Termasuk dalam kelompok fasif ini adalah faktor bahan induk, relief bumi (*topografi*) dan waktu
2) Faktor aktif yaitu faktor pembentuk tanah yang menyediakan energi yang bekerja pada massa untuk menyelenggarakan proses pembentukan tanah. Termasuk dalam faktor kelompok aktif ini adalah iklim dan jasad hidup.

Faktor Iklim

Perkembangan profil tanah sangat dipengaruhi oleh iklim, terutama curah hujan dan suhu. Keduanya akan menentukan reaksi kimia dan sifat fisis tanah. Akibatnya iklim dipandang sebagai faktor yang mendominasi pembentukan tanah. Iklim memiliki hubungan dengan kandungan bahan organik. Karena faktor iklim dapat mempengaruhi jumlah bahan organik dalam tanah dan aktivitas makluk hidup yang ada dalam tanah.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh ahli ilmu tanah, ternyata jika suhu rata-rata tahunan meningkat, sedangkan kelembaban tanah dan kondisi lainnya konstan, maka jumlah bahan organik di dalam tanah akan menurun untuk daerah yang memiliki vegetasi yang sama.

Penurunan kadar bahan organik lebih besar pada tanah padang rumput dibandingkan dengan hutan. Sebaliknya jika peningkatan suplai air dan suhu yang tetap menunjukkan peningkatan kandungan bahan organik dalam tanah yang sama sifat-sifatnya. Secara tidak langsung, curah hujan akan mempengaruhi pH tanah. Curah hujan yang tinggi di daerah tropis akan menyebabkan pencucian kation-kation basa dari lapisan tanah atas ke lapisan yang dibawahnya. Akibatnya pada lapisan tanah atas akan didominasi oleh ion-ion Al^{3+} dan H^{+} dan pH tanah akan turun pada lapisan tanah atas sampai mencapai nilai pH 4.5 atau lebih rendah lagi (menjadi masam). Dalam kondisi tanah yang masam, proses penguraian bahan organik tanah akan terbatas, sisa tanaman yang ditambahkan ke dalam tanah akan lambat melapuk.

Iklim juga mempengaruhi proses pelapukan dan pembentukan liat. Pelapukan mineral tanah biasanya terjadi melalui proses kimiawi dan fisis. Jika faktor lain sama, maka peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan pelapukan dan pembentukan liat. Suhu rata-rata yang tinggi dan curah hujan yang banyak akan cenderung meningkatkan kecepatan pelapukan dan pembentukan liat. Kondisi yang menghambat pelapukan adalah iklim yang dingin dan lembab, dingin dan kering, serta agak panas tetapi kering.

Iklim juga berpengaruh terhadap sifat-sifat kimiwi tanah. Peningkatan curah hujan umumnya meningkatkan kandungan bahan organik dan liat. Oleh karena itu nilai tukar kation secara langsung akan berhubungan dengan jumlah kedua hal tersebut, maka nilai tukar kation juga akan meningkat dan kesuburan tanah akan meningkat juga.

Di daerah tropis beriklim basah, gerakan air ke bawah akan mencuci sejumlah kation dapat tukar (kation basa). Kation ini akan digantikan oleh H^{+} dan kejadian ini akan menyebabkan menurunnya persen kejenuhan basa tanah. Curah hujan memiliki hubungan dengan nilai tukar kation (NTK), basa-basa dapat tukar dan hidrogen dapat tukar (H-dd). Iklim akan mempengaruhi jenis-jenis tanah mineral liat. Mineral liat kaolinit, oksida besi dan aluminium merupakan mineral umum yang

dijumlai diu daerah tropis. Pada daerah tropis basah, pelapukan batuan atau mineral yang intensif akan menghilangkan ikatan-ikatan silika yang besar pada lapisan tanah atas, dan akibatnya komponen liat akan mendominasi adalah oksida besi dan aluminium.

Jasad Hidup atau Organisme

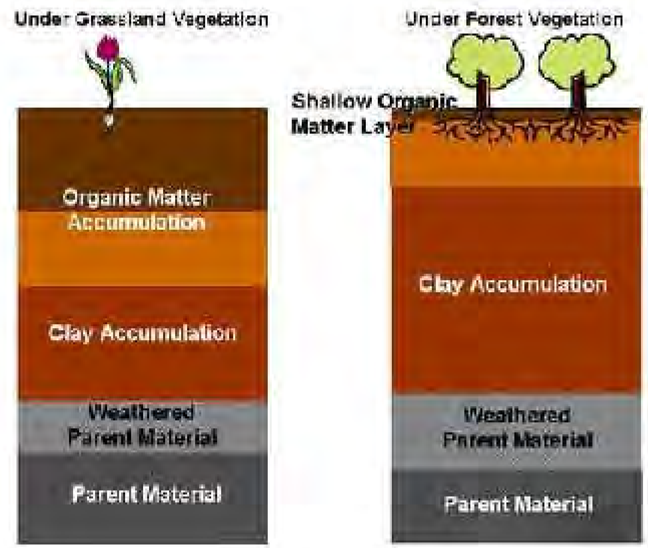
Di antara berbagai jasad hidup yang ada dalam tanah, vegetasi merupakan organisme yang paling aktif berperan memengaruhi proses pembentukan dan perkembangan profil tanah, karena vegetasi merupakan sumber utama biomasa atau bahan organik tanah. Bahan organik tanah jika terurai oleh mikrobia heterotrofik akan menjadi sumber energi dan hara bagi mikrobia itu sendiri, dan juga merupakan sumber senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terlibat dalam berbagai proses *kemogenesis* dan *biogenesis* tanah. Vegetasi sendiri melalui sistem perakarannya akan masuk ke lapisan bawah tanah dan membawa unsur-unsur ke bagian atasnya, sisa perakaran dan batang yang mati akan menjadi sumber bahan organik tanah dan unsur hara pada profil tanah sedalam masuknya akar tersebut.

Pengaruh vegetasi ini terhadap sifat fisik, kimiawi dan biologis tanah tergantung pada intensitas dan ekstensitas sistem perakarannya, pengaruh pepohonan berakar tunggang akan lebih besar dari pada rerumputan atau tanaman berakar serabut.

Perbandingan kadar bahan organik dan penyebarannya dalam profil tanah padang rumput dan profil tanah hutan dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Dari Gambar 2.2 dapat dijelaskan bahwa: profil tanah hutan lebih berkembang dari pada profil tanah padang rumput, dan kadar bahan organik tanah pada profil tanah padang rumput lebih tinggi 30% pada horizon A-B dan menurun secara bertahap dengan makin dalamnya solum tanah dibandingkan dengan tanah hutan. Kedua hal ini disebabkan oleh :

1. Laju dan kontinuitas proses penguraian biomasa yang lebih baik pada tanah padang rumput, sebagai akibat lebih dominannya fraksi biomasa yang mudah terurai dibandingkan tanah hutan yang lebih banyak komponen ranting-kayunya.



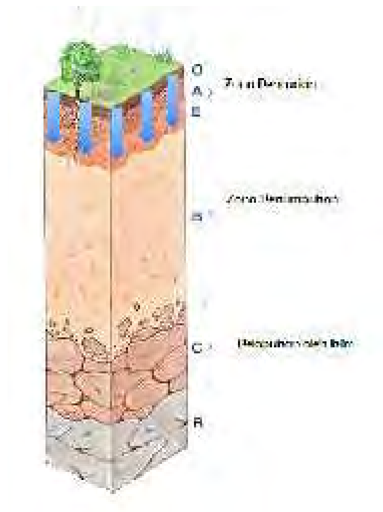
Gambar 2.2. Bahan Organik pada Profil Tanah Padang Rumput dan Tanah Hutan

2. Biomasa yang dihasilkan vegetasi hutan jauh lebih sedikit dibandingkan yang dihasilkan vegetasi rumput sepanjang tahunnya.
3. Proses pencucian oleh air perkolasi lebih intensif terjadi pada profil tanah hutan, karena lebih besarnya ruang-ruang pori dan lebih dalamnya masuknya akar dibandingkan tanah padang rumput, yang kemudian lebih memacu diferensiasi horizonnya.

Proses pencucian (*eluviasi*) akan membawa asam-asam organik hasil penguraian biomass ke lapisan bawah. Proses ini akan mempengaruhi perkembangan horizon tanah, terutama melalui mekanisme pelarutan dan pengasaman yaitu perubahan susunan kimiawi mineral-mineral yang ada, serta perpindahan dan perubahan mineral liat pada lapisan dibawahnya.

Bahan Induk

Bahan induk tanah akan menentukan sifat fisik maupun kimiawi tanah yang terbentuk. Pengaruh bahan induk ini sangat jelas terlihat pada tanah-tanah muda hingga dewasa, namun dalam perkembangannya terjadi proses pelapukan lebih lanjut. Jika tanah mengalami pencucian atau erosi berat, maka pengaruh ini tidak jelas, bahkan dapat hilang sama sekali.



Gambar 2.3 Proses Eluviasi dan Iluviasi dalam Profil Tanah

Bahan induk tanah akan mempengaruhi sifat-sifat tanah. Pengaruh tersebut antara lain:

1) Tanah-tanah yang terbentuk dari bahan induk batuan beku asam seperti kuarsa dan batu pasir mengalami pelapukan lambat, dan akan memiliki tekstur berpasir kasar dengan mineral liat yang didominasi liat tipe 1:1 kaolinit dan kejenuhan basa rendah, sehingga tergolong tanah yang tidak subur.
2) Tanah yang terbentuk dari bahan induk asal batuan beku basa dan batuan sedimen yang umumnya mudah lapuk, dan tanahnya akan bertekstur lebih halus dengan jenis liat yang didominasi oleh liat tipe

2:1 *montmorrilonit* dan memiliki kejenuhan basa tinggi, dan relatif subur.

3) Tanah yang terbentuk oleh bahan induk berasal dari batuan rhiolit yang relatif sangat lambat lapuk namun bertekstur halus akan membentuk tanah-tanah muda yang bertekstur halus, sedangkan batuan *granit*, *basalt* dan *gabbro* yang agak mudah lapuk, maka tanah akan bertekstur kasar terbentuk tanah-tanah muda yang juga bertekstur kasar.
4) Jenis tekstur tanah yang dipengaruhi mineral yang sukar lapuk seperti pasir kuarsa akan tetap terlihat meskipun tanah sudah tergolong tua.
5) Jika bahan induk berasal dari batu kapur murni yang keras akan terbentuk tanah-tanah yang berpasir dangkal (Terra Rosa), lihat gambar 2.4.
6) Jika bahan induk berasal dari batu kapur tak murni yang mudah lapuk, maka tanah yang terbentuk akan bersolum agak dalam dan bertekstur halus.



Gambar 2.4. Profil Tanah Terra rosa

7) Jika bahan induk bertekstur halus biasanya akan menghasilkan tanah yang bertekstur halus dan kandungan bahan organik tanah tinggi, karena daya serap airnya yang tinggi, akan merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagai sumber bahan

organik tanah tersebut.

8) Di daerah dataran tinggi atau pegunungan yang memiliki kelembaban tinggi, dari bahan induk berupa debu vulkanik akan terbentuk tanah Andosol yang bersolum dalam dan didominasi oleh liat amorf yang disebut Alofan, serta retatif subur.

Topografi

Topografi adalah perbedaan tinggi tempat atau bentuk wilayah suatu daerah, termasuk perbedaan kemiringan dan bentuk lereng. Topografi mempengaruhi perkembangan tanah melalui 4 cara:

1) Besarnya laju infiltrasi yaitu jumlah air hujan yang dapat meresap atau disimpan oleh massa tanah.
2) Kedalaman air tanah.
3) Erosi yang terjadi.
4) Arah pergerakan air yang membawa bahan-bahan terlarut dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah.

Melalui empat cara tersebut, maka sifat-sifat tanah yang terpengaruh adalah:

1) Kedalaman lapisan tanah (*solum*) dan lapisan bahan organik tanah pada lapisan atas (horizon O).
2) Kandungan bahan organik pada horizon O dan air tanah.
3) Warna, suhu dan tingkat perkembangan lapisan tanah.
4) Reaksi tanah dan kadar garam mudah larut.
5) Jenis dan taraf perkembangan lapisan padas.
6) Sifat bahan induk tanah.

Waktu

Waktu adalah faktor pembentuk tanah yang pasif. Lama waktu pembentukan tanah akan menentukan jenis dan sifat-sifat tanah yang

terbentuk di suatu tempat, karena waktu memberikan kesempatan kepada 4 faktor pembentuk tanah yang lainnya untuk mempengaruhi proses-proses pembentukan tanah, makin lama waktu makin intensif.

Ada 5 fase pembentukan tanah, yaitu:

1) Fase awal (*initial*), dengan ciri bahan induk yang masih belum mengalami proses pelapukan, baik disintegrasi maupun dekomposisi.
2) Fase muda (*juvenil*), dengan ciri bahan induk yang telah mulai mengalami proses pelapukan, tetapi sebagian besar masih asli.
3) Fase dewasa (*viril*), diindikasikan oleh optimumnya laju proses pelapukan, kebanyakan batuan telah mulai pecah, mineral-mineral sekunder telah terbentuk sehingga kadar liat meningkat.
4) Fase tua (*senil*), dicirikan oleh proses pelapukan yang telah lanjut, yaitu laju kecepatan proses yang mulai menurun, dan mineral-mineral tahan lapuk masih bertahan.
5) Fase akhir (*ultimate*), ditandai oleh berakhirnya proses pelapukan.

Di Indonesia, berdasarkan urutan fase-fase tersebut, maka dari bahan induk batuan andesit akan membentuk: (1) tanah Regosol muda pada fase awal, (2) tanah Regosol tua pada fase juvenil, (3) tanah Latosol Coklat pada fase viril, (4) tanah Latosol Merah pada fase senil dan (5) tanah Laterit pada fase akhir.

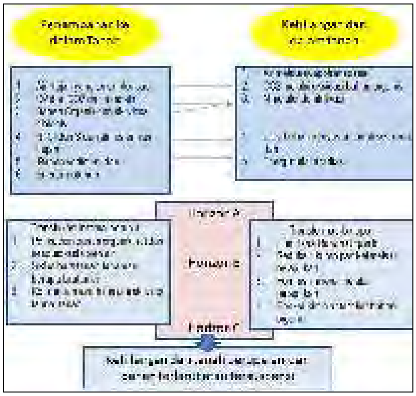
Di daerah beriklim tropis seperti Indonesia, proses pembentukan tanah dari bahan induk berupa abu gunung berapi berlangsung lebih cepat, sehingga hanya dalam waktu 14 tahun sudah terbentuk tanah subur yang jika ditumbuhi vegetasi dapat mengandung 2% bahan organik. Namun pada tanah yang tidak ditanami (bera), unsur-unsur yang terkandung tercuci oleh air hujan, sehingga terbentuk tanah Latosol yang relatif miskin hara. Karena waktu merupakan faktor pembentuk tanah yang pasif, suatu jenis tanah yang sama tetapi berasal dari bahan

induk dan iklim yang berbeda dapat mempunyai umur yang tidak sama atau sebaliknya, dan kematangan suatu jenis tanah tidak saja tergantung umurnya tetapi lebih tergantung pada kelengkapan horizonnya.
Tanah-tanah yang muda dicirikan oleh horizon yang baru berkembang dan tanah dewasa dicirikan oleh horizon yang lengkap, sedangkan tanah tua dicirikan oleh horizon lapisan atas yang menipis atau hilang sama sekali.

Proses Perkembangan Lapisan Tanah

Proses perkembangan lapisan profil tanah secara umum melibatkan 4 proses utama, yaitu penambahan, kehilangan, perubahan dan perpindahan bahan atau komponen tanah, yang secara umum ditampilkan dalam Gambar 2.5.
Gambar 2.13 menunjukkan bahwa sifat-sifat horizon tanah setelah mengalami proses perkembangan ditentukan oleh 5 mekanisme keseimbangan, yaitu antara:

1) Suplai air hujan yang masuk ke dalam tanah dengan air yang hilang melalui evapotranspirasi yang menghasilkan kelembaban tanah.
2) Suplai oksigen (O_2), CO_2 dari atmosfir dan bahan organik dari aktivitas biologis dengan pelepasan CO_2 dari proses dekomposisi bahan organik secara biologis.
3) Suplai Nitrogen (N), Chlor (Cl) dan Belerang (S) dari atmosfir dan hujan dengan penguapan N melalui proses penguraian (*denitrifikasi*).
4) Pertukaran antara bahan-bahan sedimen dalam aliran air permukaan dengan bahan-bahan yang terangkut oleh erosi.
5) Intensitas energi matahari yang masuk ke dalam tanah dengan kehilangan energi melalui radiasi.



Gambar 2.5. Proses perkembangan lapisan tanah

Sifat-sifat horizon A dan B hasil proses perkembangan sangat ditentukan oleh mekanisme perpindahan dan perubahan bahan penyusun tanah, sedangkan hasil diferensiasi pada horizon C berupa kehilangan larutan dan bahan-bahan yang terlarut atau tersuspensi di dalamnya.

Sebagai hasil akhir mekanisme pemindahan bahan pada profil tanah terbentuklah dua zona dalam solum tanah, yaitu:

1. Zona pencucian (*eluvial*) yaitu lapisan tanah atas (horizon A) yang terdiri dari (1) A_1 berupa horizon mineral tercuci dengan kadar bahan organik halus yang tinggi sehingga berwarna gelap, (2) A_2 berupa lapisan berwarna pucat karena telah tercuci maksimum, dan (3) A_3 berupa lapisan transisi yang sifatnya lebih mirip ke A2.
2. Zona penimbunan (*illuvial*) yaitu lapisan tanah bawah yang berbatasan dengan bahan induk yang terbentuk sebagai hasil akumulasi bahan-bahan yang tercuci dari horizon A. Zona ini meliputi, (1) B1 berupa lapisan transisi yang berciri lebih ke B2, (2) B2 berupa horizon berwarna gelap sebagai akibat adanya akumulasi maksimum dari bahan-bahan tersebut, kadangkala merupakan horizon transisi ke bahan induk (C), dan (3) B3 yaitu horizon transisi ke C.

2.2 Air Tanah dan Sifat-sifatnya.

Air merupakan komponen utama tubuh tanaman, bahkan hampir 90% sel-sel tanaman dan mikrobia terdiri dari air. Dalam fisiologi tumbuhan air merupakan hal yang sangat penting sehingga menjadi hal utama yang diperhatikan pada budidaya pertanian. Fungsi air bagi tanaman dalam fase pertumbuhan dan perkembangannya, yaitu :

a) Air bagi tanaman merupakan bahan penyusun utama dari pada protoplasma.
b) Kandungan air yang tinggi aktivitas fisiologis tinggi sedang kandungan air rendah aktivitas fisiologisnya rendah.
c) Air merupakan reagen dalam tubuh tanaman, yaitu pada proses fotosintesis.
d) Air merupakan pelarut substansi (bahan-bahan) pada berbagai hal dalam reaksi-reaksi kimia
e) Air digunakan untuk memelihara tekanan turgor. Sebagai pendorong proses respirasi, sehingga penyediaan tenaga meningkat dan tenaga digunakan untuk pertumbuhan.
f) Secara tidak langsung dapat memelihara suhu tanaman.

Kekurangan air akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil, perkembangannya menjadi abnormal. Kekurangan yang terjadi terus menerus selama periode pertumbuhan akan menyebabkan tanaman tersebut menderita dan kemudian mati. Sedang tanda-tanda pertama yang terlihat ialah layunya daun-daun. Peristiwa kelayuan ini disebabkan karena penyerapan air tidak dapat mengimbangi kecepatan penguapan air dari tanaman. Jika proses tranpirasi ini cukup besar dan penyerapan air tidak dapat mengimbanginya, maka tanaman tersebut akan mengalami kelayuan sementara, sedang tanaman akan mengalami kelayuan tetap, apabila keadaan air dalam tanah telah mencapai *permanen wilting point*. Tanaman dalam keadaan ini sudah sulit untuk disembuhkan karena sebagaian besar sel-selnya telah mengalami

plasmolisis.

Selain itu air juga berfungsi sebagai media reaksi pada hampir seluruh proses metabolisme pada tanaman. Bila air sudah terpakai akan diuapkan melalui mekanisme transpirasi dan penguapan dari tanah sekitarnya yang dikenal dengn istilah evapotranspirasi. Dalam memproduksi biomasa sangat banyak dibutuhkan air, tergantung pada jenis tanaman, biasanya untuk setiap gram bobot kering biomasa yang diproduksi akan ditranspirasikan air sebanyak 500 gram. Oleh karena itu, jika dalam sehektar tanah, tanaman memproduksi biomasa sebanyak 10 ton (4 ton gabah + 6 ton jerami), maka selama hidupnya akan ditranspirasikan air sebanyak 500 x 10 ton = 5 juta ton air atau 5 juta m^3. Jika umur tanaman ini adalah 100 hari berarti setiap hari akan ditranspirasikan sebanyak 50 ton/ha (setara dengan 10 mobil tanki berkapasitas-angkut 5 ton).

Air merupakan komponen penting dalam tanah yang dapat menguntungkan dan mungkin juga merugikan. Secara garis-besar peran air tanah yang menguntungkan meliputi:

a) Melarutkan dan membawa ion-ion hara dari lapisan perakaran ke dalam akar kemudian ke daun.
b) Alat pengangkutan dan pendistribusi nutrisi hasil fotosintesa dan daun ke seluruh bagian tanaman.
c) Sebagai komponen kunci dalam proses fotosintesis, asimilasi sintesis maupun respirasi tanaman.
d) Sebagai bahan pemicu pelapukan bahan induk, perkembangan tanah dan diferensiasi horizon.
e) Sebagai pelarut dan pemicu reaksi kimiawi penyediaan unsur hara tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman.
f) Sebagai penopang aktivitas mikrobia dalam merombak unsur hara tak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman.
g) Sebagai pembawa oksigen terlarut ke dalam tanah.
h) Sebagai stabilisator suhu tanah
i) Mempermudah pengolahan tanah.

j) Di persawahan, genangan air akan menghambat pertumbuhan gulma dan sebagai sarana pemupukan lewat air irigasi (fertigasi) dan
k) Sebagai pelarut pupuk dan pestisida.

Peran yang merugikan antara lain adalah:

a) Sebagai pemicu rusaknya tanah, misalnya melalui erosi.
b) Sebagai pemicu perubahan horizon melalui pencucian komponen-komponennya.
c) Sebagai pemicu kemiskinan tanah melalui pencucian hara.
d) Tanah yang jenuh dengan air dapat menyebabkan terhambatnya aliran udara ke dalam tanah, sehingga mengganggu respirasi dan serapan hara oleh akar, serta aktivitas mikrobia yang menguntungkan.

Sebagian besar air yang dibutuhkan tanaman berasal dari tanah (air tanah). Air ini harus tersedia pada saat tanaman membutuhkannya. Kebutuhan air untuk setiap tanaman berbeda.

Pada hakekatnya tanah mempunyai daya serap yang tinggi akan air, tetapi bergantung pada jenis tanahnya. Banyaknya kandungan air dalam tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air tersebut dalam tanah. Air dapat menyerap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi dan gravitasi, karena air higroskopik dan air kapiler.

Jenis-Jenis Ketersediaan Air Tanah

Air *Higroskopis*

Air higroskopis adalah air yang diabsorbsi oleh tanah dengan sangat kuat, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Jumlahnya sangat sedikit dan merupakan selaput tipis yang menyelimuti agregat tanah. Air ini terikat

kuat pada matriks tanah ditahan pada tegangan 31 – 10.000 atm (pF 4,0 – 4,7)

Air Koefisien Layu

Koefisien layu (titik layu permanen atau titik kelembaban kritis) adalah kondisi kadar air tanah yang ketersediaannya sudah lebih rendah dari pada kebutuhan tanaman untuk aktivitas dan mempertahankan turgornya, sehingga tanaman menjadi layu secara permanen atau tak dapat pulih lagi. Hal ini merupakan akibat terbatasnya penyediaan air atau hujan padahal absorpsi (penyerapan) air oleh tanaman dan evaporasi, telah terjadi. Pada kondisi ini air yang tersisa hanya air adhesi dan kohesi yang terikat kuat oleh gaya matrik tanah, yaitu pada tegangan sekitar 15 atm.

Air Kapiler

Air kapiler adalah air tanah yang ditahan akibat adanya gaya kohesi dan adhesi yang lebih kuat dibandingakn gaya gravitasi. Air ini bergerak kesamping atau keatas karena gaya kapiler. Air kapiler ini menempati pori mikro dan dinding pori makro ditahan pada tegangan antara 1/3 - 15 atm (pF 2,54 – 4,20).

Air kapiler dibedakan menjadi kapasitas lapang, yaitu air yang dapat ditahan oleh tanah setelah air gravitasi turun semua. Kondisi kapasitas lapang terjadi jika tanah dijenuhi air setelah hujan lebat tanah dibiarkan selama 48 jam sehingga air gravitasi sudah turun semua. Pada kondisi kapasitas lapang, tanah mengandung air yang optimum bagi tanaman karena pori makro berisi udara, sedangkan pori mikro berisi air seluruhnya. Kandungan air pada kapasitas lapang ditahan tegangan 1/3 atm atau pada pF 2,54. Titik layu permanen yaitu kandungan air tanah paling sedikit dan menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap air sehingga tanaman mulai layu dan jika hal ini dibiarkan tanman akan mati. Pada titik layu permanen, air ditahan pada tegangan 15 atm atau pada pF 4,2. Titik layu permanen disenut juga koefisien layu tanaman.

Air Kapasitas Lapangan

Kapasitas lapangan adalah kondisi di mana tebal lapisan air dalam pori-pori tanah mulai menipis, sehingga tegangan antara air dan udara meningkat hingga lebih besar dari gaya gravitasi (air yang terdapat pada pori-pori makro) habis dan air tersedia (air pada pori sedang dan mikro) bagi tanaman dalam keadaan optimum. Kondisi ini terjadi pada tegangan permukaan lapisan air sekitar 1/3 atm atau pF 2,54.

Air Gravitasi

Air gravitasi atau air jenuh atau air retensi maksimum, yaitu kondisi di mana seluruh ruang pori tanah terisi oleh air. Pada kondisi ini tegangan pada permukaan lapisan air hampir 0 - < 1/3 atm, sehingga air terutama yang mengisi pori-pori makro segera turun ke bawah tertarik oleh gaya gravitasi. Air gravitasi sering juga disebut sebagai air drainase atau air berlebihan yang mudah hilang dan bergerak relatif cepat sehingga dapat mencuci unsur-unsur hara yang dilaluinya. Pada kondisi tanah berdrainase buruk atau air dalam jumlah berlebihan (banjir atau tergenang) dengan waktu yang lama akan berpengaruh buruk terhadap aerasi tanah, sehingga respirasi akar, dan aktivitas mikrobia aerobik seperti bakteri amonifikasi dan nitrifikasi akan terhenti sama sekali.

Air tersedia yaitu air yang dapat diserap langsung oleh tanaman adalah air yang ditahan tanah pada kondisi kapasitas lapangan hingga koefisien layu, tetapi makin mendekati koefisien layu tingkat ketersediaannya makin rendah. Oleh karena itu untuk menjamin tercukupinya kebutuhan tanaman, suplai air harus diberikan jika 50 – 85% air tersedia ini telah habis terpakai. Air yang ditahan di atas koefisien layu merupakan air tak tersedia, terdiri dari sebagian air kapiler (air adhesi dan sedikit air kohesi) dan seluruh air higroskopis (air kristal).

Faktor-Faktor Ketersediaan Air Tanah

Kadar dan ketersediaan air tanah sebenarnya pada setiap koefisien ini umumnya bervariasi terutama tergantung pada:

Tekstur tanah.

Kandungan air pada tanah bertekstur liat lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang bertekstur lempung dan tanah bertekstur pasir. Misalnya pada tegangan 1/3 atm (kapasitas lapangan), kadar air tanah untuk masing-masing tekstur tanah liat, lempung dan pasir adalah sekitar 55%, 40% dan 15%. Hal ini terkait dengan pengaruh tekstur terhadap kandungan bahan koloidal, ruang pori dan luas permukaan adsorpsi. Semakin halus teksturnya, maka ruang pori dan luas permukaan adsorpsi akan makin besar, sehingga makin besar kapasitas simpan airnya. Hal ini akan meningkatkan kadar dan ketersediaan air.

Kadar Bahan Organik Tanah.

Bahan organik tanah mempunyai pori mikro yang jauh lebih banyak dari pada partikel mineral tanah. Hal ini berarti luas permukaan penjerap (kapasitas simpanan) air juga lebih besar, sehingga makin tinggi kadar bahan organik akan makin tinggi kadar dan ketersediaan air tanah;

Senyawa Kimiawi

Garam-garam dan senyawa pupuk dan bahan amelioran yaitu bahan yang ditambahkan untuk perbaikan tanah, baik alamiah maupun non alamiah mempunyai gaya osmotik yang dapat menarik dan menghidrolisis air, sehingga koefisien layu meningkat. Akibatnya, makin banyak senyawa kimiawi di dalam tanah akan menyebabkan kadar dan ketersediaan air tanah menurun;

Kedalaman Solum Atau Lapisan Tanah

Kedalaman dan solum tanah akan menentukan volume simpan air tanah. Makin dalam solum tanah akan makin besar daya simpannya, sehingga kadar dan ketersediaan air juga makin banyak. Kedalaman lapisan ini sangat penting bagi tanaman berakar dalam.

Faktor Iklim

Iklim juga menentukan kadar dan ketersediaan air tanah. Faktor iklim yang berpengaruh meliputi curah hujan, suhu dan kecepatan angin, yang pada prinsipnya terkait dengan suplai air dan evapotranspirasi.

Faktor Tanaman

Faktor tanaman yang berpengaruh adalah bentuk dan kedalaman perakaran, ketahanan terhadap kekeringan, serta tingkat stadia pertumbuhan tanaman.

Penyerapan Air Tanah

Penyerapan air tanah oleh tanaman hanya berlangsung apabila terjadi kontak langsung antara lapisan molekul-molekul air tersedia dengan permukaan akar (bulu akar). Kontak langsung ini dipengaruhi oleh dua hal:

a) Adanya pergerakan air secara kapiler ke daerah perakaran.
b) Perkembangan perakaran ke sumber air tersedia yang menyebabkan terjadinya intersepsi air oleh akar.

Kapileritas

Prinsip kapileritas adalah pergerakkan air dari tempat berkadar air tinggi ke tempat berkadar air rendah akibat kenaikan energi retensinya. Pada tanah tempat akar tumbuh, akar ini mengabsorpsi air dari perakaran, sehingga tanah daerah perakaran ini alami penurunan kadar air. Penurunan kadar air ini menimbulkan kenaikan energi retensi, dan

menyebabkan daya hisapnya meningkat, sehingga air tersedia di sekeliling tempat ini segera tertarik mengisi ruang-ruang kosong. Proses ini terus berlangsung hingga air tersedia yang terkena pengaruh gaya retensi tersebut habis atau terputusnya suplai air. Area jangkauan kapilaritas ini biasanya hanya beberapa sentimeter tergantung pada kekuatan gaya retensi tersebut, yang dipengaruhi macam dan jenis ruang pori.

Tanah yang banyak berpori mikro akan mempunyai pengaruh gaya retensi lebih jauh dari pada tanah yang banyak pori makro. Namun secara keseluruhan apabila dibandingkan dengan kebutuhan air tanaman, gerakan air kapiler ini relatif lambat, sehingga apabila tidak ada mekanisme lain (intersepsi), maka tanaman akan selalu mengalami kekurangan air.

Intersepsi Akar

Tingkat perkembangan perakaran tanaman sangat pesat pada periode vegetatif, baik secara vertikal, horizontal maupun lateral akan menjangkau daerah lembab di sekelilingnya. Sebagian besar kebutuhan air tanaman diperoleh melalui mekanisme intersepsi. Akar-akar tanaman ini umumnya dapat menjangkau 1–2% tanah dalam area perakaran, tergantung laju perkembangannya, sehingga jika laju ini menurun, maka ketergantungan tanaman terhadap suplai air kapiler makin tinggi apalagi saat perakaran tidak berkembang lagi.

Pada kondisi demikian maka tanaman akan lebih peka terhadap kekurangan suplai air terutama di musim kemarau. Sekitar 99,8% air tanah yang diserap tanaman akan ditranspirasikan lewat daun ke atmosfer. Pada saat air dalam daun ditranspirasikan, terjadi peningkatan energi tegangan muka air pada sel-sel permukaan daun, dan terjadi penghisapan air dari xylem, sehingga air ditranslokasikan dari xylem yang pembuluhnya menuju ke akar. Aliran air yang berupa

terjadi dari akar melalui xylem menuju daun, sebagian akan ditranspirasikan. Tegangan yang timbul akibat adanya aliran air transpirasi inilah yang kemudian menimbulkan gaya hisap terhadap air di sekeliling daerah perakaran masuk ke dalam akar. Gaya hisap ini di dalam xylem mempunyai daya sebesar 4-5 bar yang cukup untuk menyerap air dan mentranslokasikannya dari akar ke seluruh bagian atas tanaman.

Air konsumtif adalah total air yang dibutuhkan tanaman untuk evapotranspirasi selama pertumbuhannya, yang besarannya tergantung pada jenis dan periode tumbuh tanaman, serta kondisi iklim. Makin besar bobot dan produksi biomasanya serta makin cepat laju pertumbuhannya akan makin banyak air konsumtif yang diperlukan. Begitu juga dengan makin tingginya suhu, akan makin tinggi pula evapotranspirasinya, sehingga air konsumtif juga makin besar. Makin besar air konsumtif mendorong pertumbuhan akar yang lebih cepat.

Pengelolaan Air Tanah

Dalam penyerapan air tanah oleh tanaman ini ada dua aspek yang perlu diperhatikan dalam pemenuhan kecukupannya, yaitu:

1. Pada kondisi jenuh atau tegangan air rendah, dalam waktu yang lama akan menyebabkan terjadinya defisiensi oksigen yang mengganggu respirasi akar.
2. Laju serapan air akan rendah jika kadar air tanah mendekati koefisien layu atau tegangan air tinggi.

Oleh karena itu, dalam pengelolaan air tanah, dua aspek di atas inilah yang menjadi dasar strateginya, yaitu:

a) Penghematan air di daerah-daerah yang sumber air tanahnya agak terbatas, baik curah hujan maupun aliran permukaan atau sungai. Tetapi cukup untuk mensuplai kebutuhan tanaman jika air tanahnya efektif, yaitu melalui pengelolaan konservasi air yang pada

prinsipnya melakukan tindakan minimalisasi evapotranspirasi dari lahan-lahan pertanian.

Tindakan ini dapat berupa penutupan permukaan lahan, baik dengan penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*) seperti tanaman pupuk hijau yang juga berfungsi sebagai mulsa, penyuplai pupuk organik dan pakan ternak. Beberapa jenis tanaman penutup tanah adalah *Callopogonium muconoides,* *Mimosa invisa* dan *Peuraria phaseoloides*. Ketiga jenis tanaman ini mampu memfiksasi N_2-bebas);

b) Penerapan sistem tumpang sari (*mixed farming*) dan tumpang gilir (*crops rotation*) dengan tanaman hemat air terutama di musim kemarau. Keduanya cara ini adalah cara konservasi air secara vegetative.

c) Penggunaan mulsa, baik organik alam berupa serasah tanaman atau penggunaan mulsa sintetis seperti plastik.

d) Pengolahan tanah minimum atau tanpa olah (soil minimum atau zero tillage);

e) Pengolahan tanah menurut kontur, pembuatan guludan, parit, rorak dan teras agar aliran permukaan tidak merusak dan memberi kesempatan untuk berinfiltrasi ke dalam tanah lebih banyak; dan

f) Pembuatan embung atau kolam penyimpanan air. Cara ini termasuk dalam metode konservasi air secara mekanik.

g) Menyediakan air secara kontinyu untuk daerah-daerah yang sumber airnya sangat terbatas, sehingga air tanah tidak mencukupi meskipun sudah dilakukan konservasi air, yaitu melalui sistem irigasi, baik lewat irigasi permukaan dengan kanalisasi dari sungai, maupun lewat irigasi bawah tanah dengan pipanisasi atau sistem tetes.

h) Mengalirkan kelebihan air untuk daerah yang sumber airnya berlebihan, sehingga tanaman tidak mampu hidup normal jika dibiarkan, yaitu melalui sistem drainase, lewat kanalisasi dan pipanisasi

3. Refleksi

a. Tuliskan nama dan KD yang telah anda selesaikan pada lembar tersendiri

b. Tuliskan jawaban pada pertanyaan pada lembar refleksi!

c. Kumpulkan hasil refleksi pada guru anda.

3.1 Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

LEMBAR REFLEKSI
1. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini? ....
2. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja. ....
3. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
4. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....

5. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini! ....

3.2 Air Tanah dan Sifat-sifatnya

LEMBAR REFLEKSI
a. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini? ....
b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja. ....
c. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
d. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....

e. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini! ....

4. Tugas

4.1 Tugas Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 2 tentang Proses-proses yang terjadi dalam Tanah. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang struktur tanah. Amati struktur tanah yang ada di sekitar sekolah Anda. Pelajari dan jelaskan jenis-jenis struktur tanah yang Anda amati.

Setelah didapatkan berbagai informasi tentang struktur tanah, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini.

Lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut

Lembar Kerja Praktik

Mengamati Profil Tanah di Lapangan

Pendahuluan

Profil tanah merupakan penampang tegak tanah yang memperlihatkan berbagai lapisan tanah. Pengamatan profil sangat penting dalam mempelajari sifat-sifat tanah secara cepat dilapangan, terutama yang berkaitan dengan genetis dan perkembangan tanah. Tanah tersusun atas : bahan mineral, udara dan air tanah. Horison adalah lapisan-lapisan

tanah yang terbentuk karena hasil dari proses pembentukkan tanah. Horison-horison yang menyusun profil tanah dari atas ke bawah adalah horizon O, A, B, C dan R.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu mengamati profil tanah di lapangan, bila disediakan sebidang lahan dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

i. Untuk mempelajari sifat-sifat dari beberapa jenis tanah pada setiap lapisan atau horizon.
ii. Mengambil contoh tanah di lapangan untuk dianalisis di laboratoirum.
iii. Menyiapkan contoh tanah sebelum dianalisis.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa parang, cangkul, sekop, bor tanah, meteran gulung, klinometer, pisau lapang, buku standar warna (Munsell Soil Colour Chart), daftar isian, kompas, altimeter, botol semprot dan alat tulis, tampir atau nyiru, lumpang, serta ayakan 2 mm dan 0.5 mm, dan kain kasa, buret, pipet tetes.

Bahan yang digunakan terdiri dari aquades, karet gelang, HCL 1 N, kertas koran, kertas label.

Keselamatan Kerja

a. Perhatikan faktor-faktor keselamatan kerja
b. Hindarkan hal-hal yang dapat mencelakakan diri Anda
c. Pergunakan alat dan bahan dengan benar

Cara Kerja

Adapun prosedur kerja pada praktikum ini adalah :

a. **Penggalian Profil Tanah**

1) Buat lubang penampang harus besar, agar orang dapat mudah duduk atau berdiri di dalamnya agar pemeriksaan berjalan lancar.
2) Ukur penampang 1,5 m x 1 m sampai bahan induk dan pemeriksaan di sisi lubang penampang ruang mendapat sinar matahari.
3) Tanah bekas galian jangan ditumpuk di atas sisi penampang pemeriksaan.
4) Penampang representatif adalah tanah yang belum mendapat gangguan, misalnya timbunan serta jauh dari pemukiman.
5) Jika berair, maka air yang berada dalam penampang harus dikeluarkan sebelum pengamatan.
6) Lakukan pengamatan pada sinar matahari cukup (tidak terlalu pagi atau sore).

b. Penggalian Profil Tanah

1) Amati keadaan lingkungan di sekitar profil dengan cara mengisi table deskripsi profil tanah yang tersedia.
2) Lakukan pengamatan profil tanah dengan tahap-tahap sebagai berikut:
3) Tentukan batas lapisan (horizon) dengan cara menusuk-nusuk profil pada sisi pengamatan dengan pisau lapang sambil meremas gumpalan tanah ditangan kiri atau dengan cara memukul-mukulnya untuk mengetahui perbedaan bunyinya.
4) Perhatikan perbedaan warna, tekstur, dan kepadatan lapisan, beri tanda dengan potongan ranting, lalu tarik batas-batas horisonnya. Ukur kedalaman masing-masing horizon dari atas kebawah.
5) Tentukan horisonnya yang tebalnya melebihi 50 cm dengan sifat-sifat yang sangat mirip, sebaiknya horizon tersebut dibagi dua atau lebih, misalnya dibagi dengan kelipatan 25 cm.
6) Gunakan kriteria penilaian (tekstur, struktur, konsistensi) yang telah diikuti pada acara a.

c. Cara Pengambilan Sampel Tanah Utuh

1) Ratakan dan bersihkan lapisan yang akan diambil.

2) Letakan ring sampel tegak lurus (bagian runcing menghadap ke bawah) pada lapisan tanah tersebut.
3) Tekan ring sampel sampai ¾ bagiannya masuk ke dalam tanah.
4) Letakkan ring sampel lain tepat di atas ring sampel pertama, kemudian tekan lagi sampai bagian bawah dari ring sampel kedua masuk ke dalam tanah (10 cm).
5) Gali ring sampel beserta tanah di dalamnya dengan skop atau linggis.
6) Pisahkan ring sampel kedua dari ring sampel pertama dengan hati-hati, jangan sampai tanah yang sudah ada dalam ring sampel retak, kemudian potonglah kelebihan tanah yang ada pada permukaan dan bawah ring sampel sampai permukaan rata dengan permukaan ring sampel.
7) Tutup ring sampel dengan plastik, lalu simpan dalam kotak khusus yang sudah disediakan.

d. Cara Pengambilan Sampel Tanah Terganggu

1) Ambillah tanah dengan sendok tanah atau pisau sesuai dengan lapisan yang akan diambil, mulailah dengan lapisan paling bawah.
2) Masukkan dalam kantong plastik yang telah di beri label.

e. Pengamatan Penampang Tanah

1. Lakukan orientasi pada seluruh penampang tanah dan perhatikan adanya perbedaan-perbedaan sifat tanah dalam setiap lapisan tanah.
2. Gunakan pisau ditangan kanan untuk menusuk nusuk atau mencukil-cukil dinding penampang yang akan dideskripsi, untuk mengetahui perbedaan kekerasan atau kepadatan dari keseluruhan penampang. Sementara itu dengan tangan kiri untuk merasakan perbedaan tekstur dengan meremasremas tanahnya.
3. Tarik batas berdasarkan perbedaan-perbedaan yang dirasakan dan dilihat. Jika warna dan tekstur sama, maka perbedaan struktur, konsistensi, dan kandungan bahan kasar digunakan sebagai dasar penarikan batas lapisan.

4. Pasang meteran, sehingga bisa diketahui kedalaman dan ketebalan tiap lapisan dan diberi nomor.
5. Selanjutnya dilakukan deskripsi dan pencatatan hasil deskripsi antara lain:
   - Tiap lapisan/Horizon ditentukan kedalaman dan ketebalannya, diberi nomor, misalnya A 10/I (0-30 cm). Artinya nomor pengamatan dari pemeta A yang ke 10, lapisan I, kedalaman 0-30 cm.
   - Tiap batas lapisan/Horizon ditentukan kejelasan dan topografinya. Misalnya kejelasannya adalah jelas (*clear*) dan topografi rata (*smooth*).
   - Tiap lapisan/Horizon berturut-turut dari atas ke bawah ditentukan sekaligus warna, tekstur, struktur, konsistensi dan karatannya. warna matriks dan/atau karatan ditentukan berdasarkan satuan-satuan dalam buku standar warna Munsell Soil Color Chart, misalnya 10YR 3/1.
   - Tekstur ditentukan berdasarkan kelas tekstur 12 fraksi, misalnya: pasir (sand), pasir berlempung (loamy sand), liat (clay), liat berdebu (silty clay).
   - Struksur tanah yang diamati meliputi bentuk, ukuran, dan tingkat perkembangan.
   - Konsistensi ditentukan berdasarkan keadaan basah, lembab atau kering.
   - Karatan yang diamati meliputi kadar, ukuran, bandingan, batas, dan bentuk.
   - Seluruh penampang diamati berturut-turut keadaan perakaran, padas, kandungan $CaCO_3$, bahan organik, corak istimewa lain, dan ada tidaknya substratum.
   - Dari keterangan-keterangan tersebut dapat diisi simbol dari tiap lapisan/ Horizon.
   - Ciri-ciri tertentu dapat digunakan sebagai pembeda Seri atau Macam tanah di lain tempat.

f. Pengamatan Faktor-faktor Pembentuk Tanah

1) Cari data iklim setempat berdasarkan stasion klimatologi terdekat, meliputi jenis iklim, tipe hujan, stasiun hujan terdekat, curah hujan rata-rata.
2) Cari data batuan induk yang membentuk wilayah tersebut, meliputi jenis batuan, susunan mineral
3) Amati banyaknya lapisan atau horizon tanah.
4) Amati dan catat permukaan air tanah
5) Amati kondisi banjir
6) Amati kedalaman tanah efektif solum tanah
7) Amati dan penggunaan lahan dan vegetasi
8) Amati kondisi topografi dan ketinggian tempat
9) Buat laporan hasil pengamatan Anda dan presentasikan di depat kelas.

4.2 Tugas Air Tanah dan Sifat-sifatnya

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 2 tentang Proses-proses yang Terjadi dalam Tanah pada sub Air Tanah dan Jenis-jenisnya. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang Air Tanah dan Jenis-jenisnya. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang Air Tanah dan Jenis-jenisnya, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Penetapan Kadar Air Tanah

Pendahuluan

Air tanah merupakan komponen penting dalam bidang pertanian. Pada hakekatnya tanah mempunyai daya serap yang tinggi akan air, tetapi bergantung pada jenis tanahnya. Banyaknya kandungan air dalam tanah berhubungan erat dengan besarnya tegangan air dalam tanah tersebut. Besarnya tegangan air menunjukkan besarnya tenaga yang diperlukan untuk menahan air tersebut dalam tanah. Air dapat menyerap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya-gaya adhesi, kohesi dan gravitasi, karena air higroskopik dan air kapiler.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu menentukan kadar air tanah, bila disediakan contoh tanah yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

a. Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan ini adalah

- Core sampler/ring sample lengkap dengan pegangan penekanannya,
- Cangkul / skop dan pisau tajam tipis,
- Bak perendam terbuat dari logam (moisture tin),
- Pot tempat tanaman precobaan,
- Pressure membrance apparatus atau tabung gelas dengan skat dari keramik untuk penentuan pF.
- Oven pengeringan (105^0 C) lengkap dengan gelas timbangan.
- Alat pendingi eksikator,
- Timbangan analitik.

b. **Bahan yang digunakan**

- Tanah utuh berbagai jenis tanah.

Langkah Kerja:

a) Ambil dari lapangan contoh tanah utuh (undiaturbed soil)
b) Rendam setengah bagiannya dengan air pada bak perendam selam 24 jam. Hal ini dengan maksud agar seluruh pon tanah baik mikro maupun makro seluruhnya diisi dengan air sehingga dikatakan jenuh.
c) Pindahkan ke dalam tabung gelas dengan skat dari keramik untuk diisap dengan kekuatan 1/3 atm, atau dengan daya isap 346 cm kolom air. Dalam hal ini tidak dapat dilaksanakan.
d) Angkat contoh tanah utuh ini dari rendaman air kemudian membiarkan air merembes turun karena gaya gravitasi sampai air tidak menetes lagi, hal ini biasanya dicapai setelah 46 jam atau lebih.
e) Setelah tercapai keadaan kapasitas lapang, maka contoh tanah ini ditimbang 10-20 gram kemudian ditentukan kandungan airnya dalam oven pengering.
f) Untuk penentuan kandungan air pada keadaan titik layu permanen, yaitu dengan jalan contoh tanah yang sudah jenuh tadi dimasukkan ke dalam alat penetapan pF 4,2.
g) Jika cara ini tidak dapat dilakukan maka dengan percobaan tanaman pada pot sampai tanaman itu mulai layu permanen. Kemudian tanahnya ditentukan kandungan airnya, selain dari itu secara kasar juga ditentukan dengan jalan menggunakan kurva pF asal teksturnya dapat diketahui dengan pasti, maka % kandungan air pada keadaan titik layu permanen secara kasar dapat ditentukan.
h) Hitung kadar air dalam tanah yang tersedia bagi tanaman ditentukan dengan jalan % kandungan air pada kepastian lapang dikurangi dengan % kandungan air pada keadaan titik layu permanen.

5. Tes Formatif

5.1 Tes Formatif Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

a. Sebutkan 5 faktor pembentuk tanah !
b. Jelaskan apa yang dimaksud faktor pembentuk tanah pasif dan faktor pembentuk tanah aktif.
c. Sejauhmana pengaruh faktor iklim terhadap pembentukan tanah ?
d. Bagaimana pengaruh organisme terhadap pembentukan tanah ?

5.2 Tes Formatif Air Tanah dan Sifat-sifatnya

a. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan air tanah!
b. Bagaimana proses terjadinya penyerapan air tanah oleh tanaman ?
c. Apa yang dimaksud dengan air konsumtif ?
d. Jelaskan dua aspek yang harus diperhatikan dalam penyerapan air tanah oleh tanaman !

Kunci Jawaban

Kunci Jawaban Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

a. Lima faktor pembentuk tanah adalah (1) iklim, (2) jasad hidup, (3) bahan induk, (4) topografi, dan (5) waktu.
b. Yang dimaksud dengan (1) Faktor pembentuk fasif adalah faktor pembentuk tanah yang tidak reaktif membentuk tanah. Termasuk dalam kelompok pembentuk tanah fasif ini adalah faktor bahan induk, relief bumi dan waktu, (2) Faktor pembentuk tanah aktif adalah faktor pembentuk tanah yang menyediakan energi yang bekerja pada massa untuk menyelenggarakan proses pembentukan tanah. Termasuk dalam faktor kelompok aktif ini adalah iklim dan jasad hidup.
c. Iklim memiliki pengaruh yang besar terhadap perkembangan profil

tanah, terutama curah hujan dan suhu. Keduanya akan menentukan reaksi kimia dan sifat fisis tanah. Iklim juga mempengaruhi jumlah bahan organik dalam tanah dan aktivitas makluk hidup yang ada dalam tanah. Iklim juga mempengaruhi proses pelapukan dan pembentukan liat. Iklim juga berpengaruh terhadap sifat-sifat kimiwi tanah.

d. Organisme berpengaruh terhadap pembentukan tanah, di antara organisme yang paling aktif berperan memengaruhi proses pembentukan dan perkembangan profil tanah adalah kelompok vegetasi, karena vegetasi merupakan sumber utama biomasa atau bahan organik tanah. Vegetasi berpengaruh terhadap sifat fisik, kimiawi dan biologis tanah, dan ini tergantung pada intensitas dan ekstensitas sistem perakarannya, pengaruh pepohonan berakar tunggang akan lebih besar dari pada rerumputan atau tanaman berakar serabut.

Kunci Jawaban Air Tanah dan Sifat-sifatnya

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan air tanah adalah (1) Tekstur tanah, (2) Kadar bahan organik tanah, (3) Senyawa kimiawi (4) Kedalaman solum atau lapisan tanah (5) Faktor iklim (6) Faktor Tanaman

b. Penyerapan air tanah oleh tanaman hanya berlangsung apabila terjadi kontak langsung antara lapisan molekul-molekul air tersedia dengan permukaan akar (bulu akar). Kontak langsung ini dipengaruhi oleh dua hal, (1) Adanya pergerakan air secara kapiler ke daerah perakaran, (2) Perkembangan perakaran ke sumber air tersedia yang menyebabkan terjadinya intersepsi air oleh akar.

c. Air konsumtif adalah total air yang dibutuhkan tanaman untuk evapotranspirasi selama pertumbuhannya, yang besarannya tergantung pada jenis dan periode tumbuh tanaman, serta kondisi iklim. Makin besar bobot dan produksi biomasanya serta makin cepat laju pertumbuhannya akan makin banyak air konsumtif yang

diperlukan. Begitu juga dengan makin tingginya suhu, akan makin tinggi pula evapotranspirasinya, sehingga air konsumtif juga makin besar. Makin besar air konsumtif mendorong pertumbuhan akar yang lebih cepat.

4. Dua aspek yang harus diperhatikan dalam penyerapan air tanah oleh tanaman yaitu, (1) Pada kondisi jenuh atau tegangan air rendah, dalam waktu yang lama akan menyebabkan terjadinya defisiensi oksigen yang mengganggu respirasi akar, (2) Laju serapan air akan rendah jika kadar air tanah mendekati koefisien layu atau tegangan air tinggi.

C. Penilaian

Pada Kegiatan Pembelajaran 2 tentang Proses-proses yang Terjadi dalam tanah pada sub Air Tanah dan Sifat-sifatnya, penilaian kompetensi peserta didik dilakukan terhadap komponen berikut, yaitu penilaian sikap, penilaian pengetahuan dan penilaian keterampilan.

1. Penilaian Sikap

Penilaian sikap terdiri dari Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti). Lembaran ini diisi oleh guru/peserta didik/teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk Penskoran :

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Skor perolehan}}{\text{skor tertinggi}} \text{ x } 4 = \text{skor akhir}$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 4 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} \text{ x } 4 = 2.8$$

Peserta didik memperoleh nilai :

Sangat Baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80 – 100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70 – 79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2.40 – 2,79 (60 – 69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang 2.40 (kurang dari 60%)

Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : ………………………………………………………………………..

Kelas : ………………………………………………………………………..

Tanggal Pengamatan : ………………………………………………………………………..

Materi Pokok : ………………………………………………………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan kegiatan pembelajaran				

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil dan selesai mengerjakan sesuatu.				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

Sikap Sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………….

Kelas : ……………………………………………………………………….

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………….

Materi Pokok : ……………………………………………………………………….

No.	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Teliti dalam membaca buku teks				
2.	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3.	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4.	Teliti pada saat praktek				
5.	Teliti dalam membuat laporan/ presentasi				
Jumlah Skor					

2. Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis.

Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai hasil tugas peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai nilai tugas yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut

No.	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
5)	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipaha mi	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
6)	Hasil Pengumpulan informasi	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
7)	Penyusunan Laporan	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
8)	Presentasi	Tidak baik	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………………..

Kelas : ……………………………………………………………………………..

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………………..

Materi Pokok : ……………………………………………………………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
1.	Pemahaman materi pada buku teks					

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
2.	Hasil Pengumpulan informasi					
3.	Penyusunan Laporan					
4.	Presentasi					
	Jumlah Skor					

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Catatan :
Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah 3 x 4 = 12, sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16.

1. Penilaian Tes Tertulis Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Jelaskan pengaruh topografi terhadap pembentukan tanah!	Topografi adalah perbedaan tinggi tempat atau bentuk wilayah suatu daerah, termasuk perbedaan kemiringan dan bentuk lereng. Topografi mem-pengaruhi perkembangan tanah melalui 4 cara, yaitu (1) Besarnya laju infiltrasi yaitu jumlah air hujan yang dapat meresap atau disimpan oleh massa tanah, (2) Kedalaman air tanah, (3) Erosi yang terjadi, (4) Arah pergerakan air yang membawa bahan-bahan terlarut dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah.	20
2.	Jelaskan 5 fase pembentukan tanah !	Lima fase pembentukan tanah, yaitu, (1) Fase awal (*initial*), dengan ciri bahan induk yang masih belum mengalami proses pelapukan, baik disintegrasi maupun dekomposisi, (2) Fase muda (*juvenil*), dengan ciri bahan induk yang telah mulai mengalami proses pelapukan, tetapi sebagian besar masih asli, (3) Fase dewasa (*viril*), dicirikan oleh optimumnya laju	20

		proses pelapukan, kebanyakan batuan telah mulai pecah, mineral-mineral sekunder telah terbentuk sehingga kadar liat meningkat, (4) Fase tua (*senil*), dicirikan oleh proses pelapukan yang telah lanjut, yaitu laju kecepatan proses yang mulai menurun, dan mineral-mineral tahan lapuk masih bertahan, (5) Fase akhir (*ultimate*), ditandai oleh berakhirnya proses pelapukan.	
3.	Jelaskan 4 proses utama proses perkembangan lapisan profil tanah!	Proses perkembangan lapisan profil tanah secara umum melibatkan 4 proses utama, yaitu penambahan, kehilangan, perubahan dan perpindahan bahan atau komponen tanah.	20
4.	Apa yang dimaksud dengan horizon pencucian ?	Horizon pencucian adalah lapisan tanah atas (horizon A) yang terdiri dari (1) A_1 berupa horizon mineral tercuci dengan kadar bahan organik halus yang tinggi sehingga berwarna gelap, (2) A_2 berupa lapisan berwarna pucat karena telah tercuci maksimum, dan (3) A_3 berupa lapisan transisi yang sifatnya lebih mirip ke A2.	20
5.	Apa yang dimaksud dengan hirozon penimbunan ?	Horizon penimbunan adalah lapisan tanah bawah yang berbatasan dengan bahan induk yang terbentuk sebagai hasil akumulasi bahan-bahan yang tercuci dari horizon A. Zona ini meliputi, B1 berupa lapisan transisi yang berciri lebih ke B2, B2 berupa horizon berwarna gelap sebagai akibat adanya akumulasi maksimum dari bahan-bahan tersebut, kadang-kala merupakan horizon transisi ke bahan induk (C), dan B3 yaitu horizon transisi ke C.	20
		Skor Total	100

2. Penilaian Tes Tertulis Air Tanah dan Sifat-sifatnya

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Apa fungsi air bagi tanaman dalam fase pertumbuhan dan perkembangan ?	a) Bahan penyusun utama dari protoplasma. b) Aktivitas fisiologis. c) Reagen pada proses fotosin-tesis. d) Pelarut substansi pada berba-gai reaksi-reaksi kimia e) Air digunakan untuk memeli-hara tekanan turgor. f) Memelihara suhu tanaman.	15
2.	Apa akibatnya jika tanaman kekurangan air ?	Kekurangan air pada tanaman akan menyebabkan tanaman menjadi kerdil, perkembangan-nya menjadi abnormal.	25
3	Jelaskan peran air tanah yang merugikan!	Peran air tanah yang merugikan (1) Sebagai pemicu rusaknya tanah, misalnya melalui erosi, (2) Pemicu perubahan horizon melalui pencucian komponen-komponennya, (3) Pemicu pencucian hara, (4) Menghambat aliran udara ke dalam tanah, sehingga mengganggu respirasi dan serapan hara oleh akar, serta aktivitas mikrobia yang menguntungkan.	15
4.	Apa yang dimaksud dengan air higroskopis ?	Air higroskopis adalah air yang diabsorbsi oleh tanah dengan sangat kuat, sehingga tidak tersedia bagi tanaman, dan merupakan selaput tipis yang menyelimuti agregat tanah. Air ini terikat kuat pada matriks tanah ditahan pada tegangan 31 – 10.000 atm (pF 4,0 – 4,7)	15
5.	Apa yang dimaksud dengan air kapiler ?	Air kapiler adalah air tanah yang ditahan akibat adanya gaya kohesi dan adhesi yang lebih kuat dibandingakn gaya gravitasi. Air ini bergerak kesamping atau keatas karena gaya kapiler. Air kapiler ini menempati pori mikro dan dinding pori makro ditahan pada tegangan antara 1/3 - 15 atm (pF 2,54 – 4,20).	15
6.	Apa yang dimaksud dengan air gravitasi ?	Air gravitasi atau air jenuh atau air retensi maksimum, yaitu kondisi air di mana seluruh ruang pori tanah terisi oleh air. Pada kondisi ini tegangan pada permukaan lapisan air hampir 0 - < 1/3 atm, sehingga air terutama yang mengisi pori-pori makro segera turun ke bawah tertarik oleh gaya	15

		gravitasi.	
7.	Apa yang dimaksud dengan air tersedia ?	Air tersedia yaitu air yang dapat diserap langsung oleh tanaman yaitu air yang ditahan tanah pada kondisi kapasitas lapangan hingga koefisien layu, tetapi makin mendekati koefisien layu tingkat ketersediaannya makin rendah.	15
		Skor Total	100

3. Keterampilan

Penilaian keterampilan terdiri dari: Penilaian Praktek pada saat melaksanakan Lembar Kerja.

Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai keterampilan peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai kemampuan yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

4 = dilaksanakan dengan cara yang benar, dan lancar

3 = dilaksanakan dengan cara yang benar, namun tidak lancar

2 = dilaksanakan, namun caranya salah

1 = tidak dilaksanakan

No	Aspek yang dinilai	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
6.	Diisi oleh Guru.....					
7.						
8.						
9.						
10.						
dst.						

$$\text{Nilai tes pratek peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Kegiatan Pembelajaran 3. Erosi Lahan Pertanian (36 Jam)

A. Deskripsi

Kegiatan Pembelajaran 3 tentang Erosi Lahan Pertanian berisikan 4 materi yang dibahas secara runtun, yaitu (1) Pengertian Erosi, (2) Proses Terjadinya Erosi, (3) Faktor-faktor Penyebab Erosi, (4) Pengendalian Erosi Tanah Pertanian.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 3 tentang Erosi Lahan Pertanian diharapkan Anda dapat :

a. Menganalisis Pengertian Erosi.
b. Menganalisis Proses Terjadinya Erosi Lahan Pertanian
c. Menganalisis Faktor-faktor Penyebab Erosi Lahan Pertanian
d. Melakukan Pengendalian Erosi Lahan Pertanian

2. Uraian Materi

Indonesia sebagai negara agraris menggantungkan hidup masa depannya pada bidang pertanian, baik pertanian tanaman pangan, perkebunan dan kehutanan, yang diharapkan ketiga sektor pertanian tersebut dapat menjadi tulang punggung untuk menopang perekonomian Indonesia.

Saat ini kondisi pertanian di Indonesia sangat memperihatinkan, karena pertam-bahan penduduk yang cepat dibarengi juga oleh penurunan jumlah dan kualitas lahan pertanian. Untuk keperluan mendukung pertambahan penduduk, banyak terjadi konversi lahan dari lahan pertanian menjadi perumahan dan fasilitas lainnya, sehingga mengurangi jumlah lahan pertanian.

Selain itu juga penggunaan lahan yang diluar batas kemampuan daya dukung lahan, menyebabkan terjadinya kerusakan (*degredasi*) lahan, erosi dan banjir terjadi dimana-mana. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu cara

yang dapat ditempuh adalah dengan mengembalikan fungsi tanah sesuai dengan kapasitasnya dengan program konservasi lahan.



Gambar 3.1 trasering sebagai salah satu bentuk konservasi

2.1 Pengertian Erosi

Erosi yang juga disebut sebagai pengikisan atau kelongsoran tanah adalah proses penghanyutan tanah oleh pengaruh kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alami maupun sebagai akibat campur tangan tindakan atau perbuatan manusia. Sehubungan dengan itu maka dikenal adanya erosi alamiah (*geological erosion)* dan erosi dipercepat (*accelerated erosion)*.

Erosi Alamiah

Erosi alamiah adalah erosi yang berlangsung secara alamiah, yang terjadi secara normal di lapangan. Erosi alamiah dapat dikatakan tidak menimbulkan musibah yang berarti bagi kehidupan manusia atau keseimbangan lingkungan, dan kemungkinan kerugian pun hanya kecil. Hal ini disebabkan karena partikel tanah yang dipindahkan atau terangkut seimbang dengan banyaknya tanah terbentuk di tempat terjadinya erosi.

Erosi Dipercepat

Erosi yang dipercepat adalah proses erosi yang kejadiannya dipercepat akibat tindakan atau perbuatan manusia yang bersifat negatif, atau karena adanya kesa-lahan dalam pengelolaan tanah pertanian. Jadi dalam hal ini manusia membantu mempercepat terjadinya erosi tersebut. Dengan kata lain, erosi dipercepat dapat diartikannya sebagai proses hilangnya lapisan tanah yang lebih cepat dari proses pemindahan atau hilangnya bagian tanah karena erosi secara alamiah. Terjadinya perubahan pada tanah dan vegetasi penutup tanah dapat menimbulkan terjadinya erosi permukaan tanah (*sheet erosion*) dan erosi alur (*rill erosion*) yang berubah menjadi erosi parit (*gully erosion*).

Proses erosi melalui tahap-tahap sebagai berikut:

a) Pemecahan agregat atau bongkah tanah menjadi partikel-partikel tanah yang berukuran kecil.

b) Pemindahan partikel tanah, baik dengan melalui penghanyutan oleh air maupun karena kekutan angin.

c) Pengendapan partikel tanah yang terpindahkan atau terangkut ke tempat-tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk.

Erosi yang dipercepat seringkali menimbulkan dampak yang merugikan bagi kehidupan manusia, terutama pada lingkungan yang telah mengalami kerusakan sebelumnya. Erosi seperti ini dapat menimbulkan dampak kerugian yang sangat besar, seperti misalnya dampak kerugian akibat banjir, kekeringan, atau penurun-an produktifitas tanah. Erosi yang dipercepat menimbulkan ketidakseimbangan, dimana bagian tanah yang terhanyutkan atau dipindahkan, jumlahnya jauh lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah di tempat yang lebih rendah.

Selain itu, proses penipisan dan pengikisan lapisan tanah dapat terus menerus terjadi. Jika kejadian erosi ini tidak segera dikendalikan, maka dapat menghilangkan lapisan tanah bagian atas, dan menyisakan lapisan bagian bawah tanah yang kondisinya masih belum matang dan tidak subur untuk keperluan pertanian.

Lapisan tanah atas ini terbawa oleh aliran air, terutama pada saat terjadi hujan. Membiarkan lapisan tanah atas terangkut ke tempat lain dari tempat asalnya, dapat dikatakan sebagai suatu tindakan pengelolaan tanah yang tidak baik, meskipun endapan tersebut dapat menambah kesuburan tanah di tempat lain. Sebaliknya, tidak tidak jarang lapisan tanah atas yang terangkut ikut membawa zat-zat kimia berupa pestisida, yang jika diendapkan di tempat tertentu misalnya di kolam ikan, hal ini dapat merugikan.

Maka ditinjau dari segi lingkungan, adanya erosi dapat menyebabkan terjadinya pencemaran atau perusakan lingkungan hidup, dan bahkan tidak jarang menimbulkan korban manusia, karena banjir dan longsor yang menimpa tempat pemukiman. Banjir dan kekeringan dapat menimbulkan ketidakseimbangan lingkungan, selain itu menurunkan atau menghilangkan produktifitas tanah. Hal ini akan menyulitkan pemenuhan kebutuhan pangan penduduk.

Permasalahan tentang erosi, tidak dapat dipisahkan dari proses pengendapan atau sedimentasi. Pengendapan adalah proses mengendapnya butir tanah yang telah terhanyutkan atau terangkut ke tempat yang lebih rendah, misalnya sungai, waduk dan dataran rendah lainnya. Sedimentasi yang terjadi di sungai selain menyebabkan sungai menjadi dangkal, juga dapat mempersempit lebar sungai yang disebabkan oleh proses pembentukan tanah baru. Jika lumpur tanah hasil erosi tersebut terus terhanyutkan bersama aliran air, maka pembentukan tanah baru akan terjadi di muara sungai yang dikenal dengan pembentukan delta seperti yang banyak dijumpai pada sungai–sungai yang bermuara dipantai utara pulau Jawa. Sedangkan jika lumpur tersebut mengendap di dalam waduk, maka usia operasi waduk terganggu atau berkurang akibat adanya sedimentasi.

2.2 Proses Terjadinya Erosi

Erosi tanah terjadi sebagai akibat adanya timpaan butir air hujan yang secara terus menerus terhadap permukaan tanah yang sebelumnya

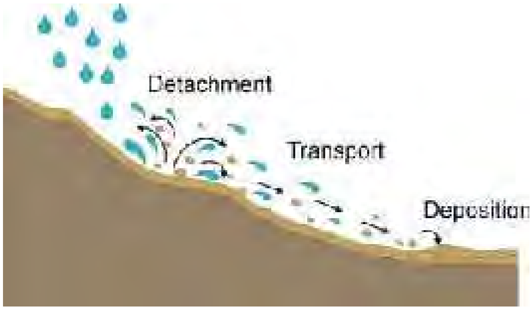
keras, maka lama kelamaan menjadi hancur. Selanjutnya terurai dan terlepas dari kesatuannya. Bila kondisi hujan berlangsung terus, maka memungkinkan terjadinya aliran permukaan, dimana partikel tanah yang telah terurai tersebut akan dengan mudah terbawa bersama aliran, dan selanjutnya terendapkan di tempat lain yang lebih rendah. Banyak sedikitnya tanah yang terbawa bersama aliran permukaan, sangat dipengaruhi oleh banyak beberapa faktor.

Secara umum faktor penyebab dan yang mempengaruhi terjadinya erosi adalah, (1) iklim, (2) kondisi tanah (3) bentuk wilayah atau topografi, (4) jenis tanaman penutup tanah atau vegetasi, dan (5) kegiatan atau perlakuan manusia terhadap tanah.

Secara umum, iklim akan menentukan nilai indeks *erosivitas hujan*, sedang tanah dengan sifat–sifatnya itu dapat menentukan besar kecilnya laju erosi tanah, yang dinyatakan sebagai *faktor erodibilitas* tanah atau kepekaan tanah terhadap erosi atau mudah dan tidaknya tanah tererosi. Faktor bentuk kewilayahan berpengaruh terhadap kecepatan lajunya air dipermukaan yang berperan terhadap pengangkutan partikel tanah. Sementara faktor tanaman penutup tanah memiliki sifat melindungi tanah dari terpaan keras butir–butir air hujan ke permukaan tanah. Selain itu vegetasi dapat pula memperbaiki kondisi tanah dengan bantuan akarnya yang menyebar. Sedangkan faktor kegiatan atau perlakuan manusia terhadap tanah dan tanaman dapat mempercepat terjadinya erosi yang disebut sebagai perlakuan yang negative. Akan tetapi perlakuan manusia dapat juga menyebabkan pencegahan erosi dan ini dikenal dengan perbuatan atau perlakuan yang bersifat positif.

Tahapan proses terjadinya erosi oleh air hujan meliputi proses berikut, (1) pelepasan partikel tanah, (2) penghanyutan partikel partikel tanah, dan (3) pengendapan partikel tanah yang telah dihanyutkan. Pelepasan partikel tanah terjadi sebagai akibat pukulan tetes air hujan yang menimpa permukaan tanah. Iklim, tanah, topografi, waktu dan penggunaan tanah oleh manusia merupakan faktor-faktor utama yang

mempengaruhi terjadinya pelepasan partikel, pemindahan, dan pengendapan tanah.



Gambar 3.2 Tahapan Proses Erosi

Erosi dan sedimentasi ini merupakan penyebab utama terhadap kemerosotan produktifitas tanah pertanian, kuantitas dan kualitas air, kapasitas saluran air dan sebagainya. Dari uraian, terjadinya erosi dapat dinyatakan dengan persamaan *Universal Soil Loss Equation (USLE)*, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$A = f\,(C, S, T, V, H)$$

Dimana

A = besar erosi.

f = faktor-faktor yang berpengaruh.

C = Iklim (*climate*).

S = sifat-sifat tanah (*soil*).

T = topografi.

V = Vegetasi.

H = peranan manusia (*human activities*).

Disamping uraian penyebab erosi sebagaimana dirumuskan dengan persamaan di atas, erosi juga sering ditinjau dari titik pandang yang lain, yaitu titik pandang erosivitas hujan dan erodibilitas tanah. Berdasarkan titik pandang ini, erosi dinyatakan dengan persaman;

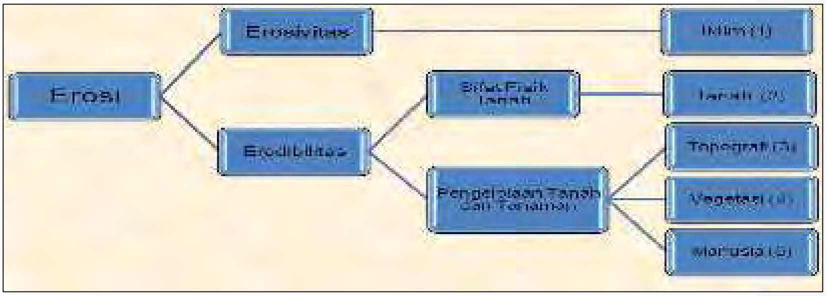
A = F

Dimana

A = tanah yang terkikis

F = Erosivitas x erodibilitas

Hubungan antara kedua persamaan penduga erosi tersebut di atas dapat dilihat dalam gambar 3.3.



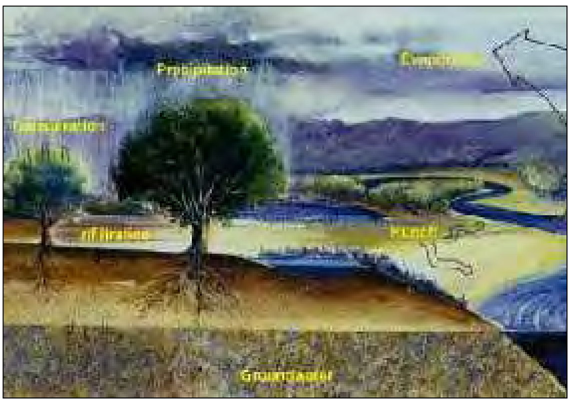
Gambar 3.3. Hubungan antara erosi dan faktor penyebabnya

Pengaruh iklim

Salah satu faktor iklim yang paling besar pengaruhnya terhadap erosi di Indonesia adalah curah hujan yang merupakan bagian dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi pada air dari saat air jatuh ke bumi, menguap ke udara dan kemudian jatuh kembali ke bumi. Matahari adalah sumber tenaga bagi alam, dengan adanya sumber tenaga tersebut, maka air dari seluruh permukaan di bumi ini akan menguap, baik dari permukaan tanah, permukaan tumbuh-tumbuhan, maupun dari permukaan air. Penguapan yang terjadi dari permukaan air dikenal dengan istilah *evaporation*, sedangkan penguapan melalui tumbuhan dikenal dengan istilah *transpirasi*. Akibat terjadinya penguapan, maka akan dapat terbentuk awan yang apabila keadaan klimatologis memungkinkan, maka awan dapat terbawa ke darat dan menjadi awan pembawa hujan. Hujan akan terjadi, jika berat butir-butir hujan tersebut telah lebih besar dari pada gaya tekan udara ke atas.

Dalam kondisi iklim tertentu, maka air hujan yang masih melayang tersebut dapat teruapkan kembali menjadi awan. Air yang jatuh sampai ke permukaan tanah inilah yang disebut sebagai hujan. Hujan yang terjadi, sebagian akan tertahan oleh tajuk tumbuhan dan bangunan yang selanjutnya akan diuapkan kembali ke atmosfer. Bagian air ini tidak dapat diukur dan merupakan bagian air yang hilang disebut *interception.* Sedangkan air hujan yang jatuh di permukaan tanah menjadi dua bagian, yaitu (1) bagian yang mengalir di permukaan yang biasa dikenal sebagai aliran permukaan atau limpasan (*run off*), dan (2) bagian yang masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (*infiltration*).

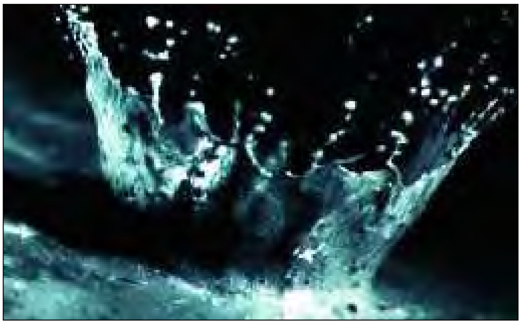
Air *run off* mengalir ke bagian yang lebih rendah sambil membawa tanah yang terurai dan akhirnya mengalir menuju sungai dan ke laut. Air infiltrasi kondisi tergantung dari struktur tanah, air infiltrasi dapat mengalir mendatar yang disebut sebagai aliran antara (*interflow*, *sub surface flow*). Bagian air ini dapat mencapai sungai dan atau laut. Bagian lain dari air yang terinfiltrasi dapat diteruskan sebagai air perkolasi yang mencapai akuifer dan mengisi pori-pori tanah dan menjadi cadangan air. Air ini juga selanjutnya mengalir menuju sungai dan atau laut sebagai aliran air tanah (*ground water flow*).



Gambar 3.4. Siklus air

Pelepasan Partikel Tanah oleh Hujan

Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan menimpa butiran tanah. Kuatnya tenaga pukulan air hujan, dapat menyebabkan pecahnya bongkahan tanah atau agregat tanah menjadi partikel-partikel tanah yang lebih kecil, dan bersamaan dengan itu, terjadinya aliran permukaan dimana partikel tanah beserta unsur haranya akan terhanyutkan. Proses ini disebut sebagai *pelepasan partikel tanah* dari bongkahan atau agregatnya, sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Pelepasan Partikel Tanah oleh Hujan

Besarnya ukuran butir hujan yang menimpa permukaan tanah memiliki ukuran yang berbeda, sehingga daya jatuhnya atau daya timpanya terhadap tanah akan berbeda-beda pula. Ada yang keras dan ada pula yang lemah. Hal ini tergantung pada beberapa hal berikut, yaitu (1) kecepatan jatuhnya butir air hujan, (2) diameter butir air hujan, dan (3) intensitas hujan.

Daya timpah yang keras, akan menyebabkan pecahnya bongkah-bongkah tanah menjadi butiran-butiran tanah yang kecil dan halus. Butiran-butiran tanah yang kecil dan yang halus ini akan terangkat dan terhanyutkan bersama aliran permukaan, dimana sebagian dari butiran tanah yang terhanyutkan tersebut akan mengikuti infiltrasi air, dan bagian ini biasanya dapat menutupi pori-pori tanah sehingga masuknya air ke dalam lapisan tanah bagian dalam menjadi terhambat.

Dengan demikian akan menurunkan kemampuan masuknya air ke dalam tanah, maka aliran permukaan menjadi bertambah besar, dan daya tekan

aliran air permukaan menjadi lebih kuat. Dalam keadaan tekanan yang demikian inilah maka pengikisan dan penghanyutan partikel tanah akan makin bertambah. Makin besar intensitas hujan, makin besar pula partikel tanah yang akan terlepaskan yang disebabkan oleh karena energi kinetiknya. Demikian juga, makin besar intensitas hujan, maka partikel tanah yang dilepaskan dari agregatnya akan semakin banyak pula. Sehingga erosipun akan terjadi. Tabel 3.1 di bawah ini dapat menjelaskan tentang ukuran butir hujan dan gaya yang ditimbulkan.

Tabel 3.1. Pengaruh kecepatan, diameter, dan intensitas hujan terhadap gaya pelepasan partikel

Kecepatan (cm/detik)	Diameter (mm)	Intensitas (cm/jam)	Gaya (gram)
540	3.5	12.00	223
540	5.1	12.00	446
540	5.1	20.25	690

Untuk mengetahui daya timpa butir air hujan, sehubungan dengan kemampuan pemecahan agregat tanah, perlu diketahui hubungan antara diameter butir air hujan dan kecepatan jatuhnya. Dari penelitian yang dilakukan oleh para ahli, menunjukkan bahwa semakin besar diameter butir air hujan, semakin banyak pula partikel tanah dilepaskan dari agregatnya. Karena dengan kecepatan tetes-tetes air yang semakin kencang, daya timpanya terhadap tanah juga semakin kuat.

Pengangkutan Partikel Tanah

Aliran permukaan akan mempunyai kemampuan memindahkan, mengangkut atau menghanyutkan partikel tanah yang telah dilepaskan dari agregatnya. Biasanya dimulai dari lahan yang memiliki kemiringan. Kemiringan lahan, sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran air.

Pada tanah yang relatif datar, kecepatan aliran permukaan berkurang, dan pada saat tersebut akan terjadi pengendapan.

Pengendapan yang terus-menerus pada tanah yang datar, akan menyebabkan terbentuknya lahan yang agak miring, sehingga pada saat turun hujan pada priode berikutnya, partikel tanah yang mengendap sementara akan terangkut kembali ke tempat yang lebih rendah atau langsung ke saluran atau parit dan sungai. Selain kemiringan lahan, ukuran partikel dan ada tidaknya penutup tanah akan sangat berpengaruh terhadap kelancaran pengangkutan partikel tanah. Dengan demikian jauh dekatnya aliran permukaan dapat mengangkut partikel tanah tergantung pada, (1) kemiringan dan panjang lereng, (2) kecepatan aliran permukaan, (3) ukuran partikel tanah, (4) ada tidaknya tanaman penutup lahan dan batuan, (5) ada tidaknya parit atau sengkedan yang dibuat.



Gambar 3.6. Pengangkutan Partikel Tanah

Pengendapan Tanah

Proses pengendapan partikel tanah oleh aliran permukaan akan terjadi pada lahan yang lebih rendah. Dari sudut pandang lingkungan, pengendapan pada tanah datar atau terbentuknya tanah baru di bagian yang rendah, di satu sisi sangat menguntungkan, tetapi di pihak lain sangat merugikan. Akibat terkikisnya lapisan tanah bagian atas, maka unsur-unsur hara yang terkandung dalam tanah tersebut akan ikut hilang dan terhanyutkan. Dampak yang ditimbulkannya adalah bahwa tanaman tidak dapat tumbuh dengan subur seperti sebelumnya. Hai ini

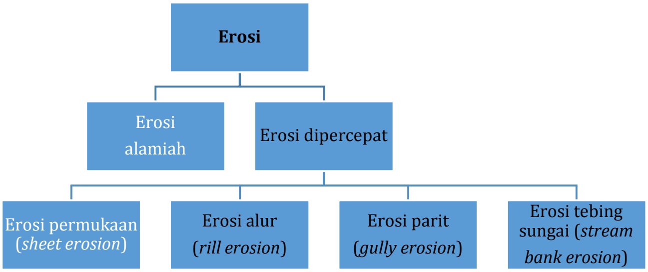
karena kekurangan unsur hara yang dibutuhkan, sedangkan bagi daerah dimana pengendapan terjadi, biasanya akan menjadi lebih subur, karena mendapatkan tambahan unsur hara dari bagian hulunya. Kejadian erosi dan pengendapan harus dicegah karena menyebabkan lingkungan menjadi tidak seimbang.



Gambar 3.7. Pengendapan Partikel Tanah pada Daerah Rendah

Jenis-jenis erosi

Sebelumnya telah dibahas, bahwa erosi dapat dibedakan sebagai erosi alamiah atau *erosi geologis* dan erosi yang dipercepat atau *accelerated erosion*. Dari kedua jenis erosi ini, erosi yang dipercepatlah yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut, selain karena erosi jenis ini sering terjadi, juga karena faktor campur tangan manusia menjadi salah satu penyebab yang mendorong terjadinya erosi dipercepat.



Gambar 3.8. Jenis-jenis erosi tanah akibat air

Erosi Permukaan

Kejadian erosi permukaan, pada awalnya agak sulit untuk dapat dilihat dengan mata, karena seakan-akan tidak terjadi perubahan yang berarti pada keadaan atau bentuk tanah. Hal ini, karena berlangsungnya pengangkutan atau pemindahan tanah terjadi secara merata pada seluruh permukaan tanah. Baru setelah erosi itu terjadi lanjut, kita dapat melihat adanya permukaan lahan yang kering dan gersang tanpa adanya tumbuh-tumbuhan.

Awal kejadian erosi permukaan sebenarnya sejak awal sudah dapat diketahui, yaitu jika terjadi penurunan hasil produksi tanaman yang ditanam pada lahan tersebut. Selain itu daun-daunan pada tanaman yang ada akan mengalami perubahan warna, dimana tanaman yang tumbuh di puncak dan di bagian tengah lereng biasanya mempunyai warna yang agak lebih pucat dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh pada lahan di bagian kaki bukit (lereng). Demikian pula tanah yang ada di bagian kaki bukit, biasanya memiliki warna yang agak lebih tua dibandingkan dengan warna tanah yang ada di bagian tengah dan puncak bukit. Perbedaan warna yang demikian ini disebabkan karena bahan organik dan unsur hara yang ada di bagian kaki bukit masih belum terhanyutkan, disamping kemungkinan terjadinya pengendapan partikel yang terhanyutkan atau terpindahkan dari bagian puncak dan pertengahan bukit.



Gambar 3.9. Erosi Permukaan

Erosi Alur

Sebagaimana telah dijelaskan di depan bahwa timpahan butir air hujan ada yang keras dan ada pula yang lemah. Timpahan yang keras dengan sendirinya mempu-nyai daya pemecah agregat yang lebih kuat, dan pada tempat itulah partikel-partikel tanah mulai terpercik ke luar dari kedudukannya.

Daya aliran air permukaan dengan mudah akan melakukan pengikisan ke bagian bawahnya, dan terus mengalir ke bagian bawahnya lagi dan pada akhirnya membentuk alur-alur pada permukaan tanah dari atas memanjang ke bawah dan alur-alur ini biasanya masih dangkal. Jenis erosi yang terbentuk dengan cara ini disebut *erosi alur*, sebagai akibat terkonsentrasinya air pada tempat terperciknya partikel tanah yang kemudian membentuk aliran ke bawah. Tindakan manusia dapat mempercepat terjadinya erosi alur ini, yaitu jika pengolahan tanah dan atau penanaman dilakukan searah dengan kemiringan lahan.

Sebaliknya, pada pengolahan tanah dan atau cara penanaman yang sejajar dengan garis kontur menyilang arah kemiringan lahan dapat membantu mencegah terjadinya erosi alur ini.



Gambar 3.10. Erosi Alur

Erosi Parit

Erosi parit sangat erat hubungannya dengan erosi alur, karena erosi parit merupa-kan hasil kelanjutan aktivitas daya pengikisan dan pengangkutan partikel tanah pada alur yang sudah terbentuk. Jika pada

erosi alur terdapat alur yang dangkal, maka pada erosi parit, alur-alurnya menjadi lebih lebar dan dalam yang membentuk parit-parit dengan kedalaman antara 1- 2.5 m atau bahkan bisa lebih. Daya tahan tanah terhadap erosi dapat menyebabkan parit-parit membentuk alur dengan bentuk menyerupai huruf V atau U. Jika daya tahan tanahnya agak kuat, bentuk alurnya menyerupai huruf V, sedang parit membentuk huruf U jika ketahanan tanahnya kurang kuat, misalnya tanah berpasir.

Terjadinya erosi parit disebabkan karena aliran air pada permukaan tanah sedemikian besar yang kemudian memasuki alur-alur yang ada. Erosi parit dapat juga terjadi karena adanya perubahan pada permukaan tanah, seperti misalnya adanya penebangan pepohonan secara liar, pembakaran hutan dan sejenisnya, sehingga daya tampung air pada daerah tersebut tidak lagi mampu menampung air, dan air akan mengalir secara bersama-sama dari daerah tampungan tersebut menuju ke bawah menuruni lereng yang ketahanan tanahnya kurang kuat.



Gambar 3.11. Erosi Parit

Erosi Tebing Sungai

Erosi tebing sungai (*stream bank erosion)* umumnya terjadi pada sungai yang berbelok-belok. Jenis erosi ini tergantung dari derasnya arus sungai. Sungai yang lurus, jarang sekali menimbulkan erosi tebing, bahkan sebaliknya dapat menim-bulkan pendangkalan. Hal ini disebabkan karena pada sungai yang lurus, kecepatan arus tebesar berada di bagian tengah sedangkan di ke dua sisi tebing arus berjalan sangat lambat.

Pada suatu sungai yang berbelok-belok, arus pada tebing akan menyebabkan dua kemungkinan sebagai berikut, yaitu:

a) Makin membeloknya alur sungai disebabkan tanah di sekitar belokan keta-hanannya kurang kuat, sehingga arus yang melaju pada belokan yang biasanya berada di sisi luar belokan akan makin mengikis tanah pada sisi yang daya tahan tanahnya kurang kuat. Di sisi bagian dalam terjadi keadaan sebaliknya, di sini akan terjadi pengendapan sehingga menjadikan semakin dangkalnya sisi sungai itu.
b) Makin berliku-likunya belokan akan membuat alur sungai baru. Arus sungai pada mulut belokan akan mencari arah arus yang lain, dengan mengikis salah satu sisi yang lemah pada belokan. Jika daya tanah tanah di daerah tersebut kurang kuat, maka pengikisan akan berlangsung terus, dan akan terbentuklah arah sungai yang baru.



Gambar 3.12. Erosi Tebing Sungai

2.3 Faktor-faktor Penyebab Erosi

Pengaruh iklim

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa ada 5 faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi tanah. Di daerah beriklim tropis, faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap terjadinya erosi adalah hujan dan suhu. Curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi akan mempunyai daya penghancuran yang sangat besar terhadap terurainya agregat tanah menjadi partikel yang lebih kecil dan mudah terhanyutkan.

Suhu optimum akan mempercepat terjadinya proses pelapukan bahan mineral (unsur hara atau bahan organik) dalam tanah, yang pada saat terjadi hujan akan terhanyutkan oleh aliran air permukaan. Jika bahan mineral tersebut hanyut dari permukaan tanah, maka akan terjadi pengurangan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, dan akibatnya pertumbuhan tanaman akan terganggu. Akar-akar tanaman dalam tanah yang dapat membantu menghambat terjadinya proses erosi akan berkurang, sehingga kejadian erosi akan mudah terjadi.

Di Indonesia yang umumnya merupakan daerah tropis basah atau lembab, terjadinya erosi terutama disebabkan penghanyutan tanah oleh curah hujan yang intensitasnya > 1.500 mm/tahun), sedangkan di daerah tropis yang kering, angin merupakan merupakan faktor utama penyebab terjadinya erosi. Besarnya curah hujan, intensitas dan distribusi hujan akan menentukan kekuatan penghancuran hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran air permukaan, serta kerusakan erosi yang ditimbulkannya.

Besarnya curah hujan, didefenisikan sebagai volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu *milimeter*. Besarnya curah hujan dapat dinyatakan untuk satu kali kejadian hujan atau untuk suatu masa tertentu seperti misalnya per hari, per bulan, atau per tahun yang dikenal sebagai curah hujan harian, bulanan atau tahunan.

Intensitas hujan menyatakan besarnya curah hujan yang jatuh dalam suatu waktu yang singkat, misalnya dalam waktu 5, 10, 15 atau 30 menit yang dinyatakan dalam satuan *milimeter per jam* atau *sentimeter per jam*. Intensitas hujan dapat diklasifikasikan menurut beberapa kriteria, dimana salah satunya seperti yang diberikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Klasifikasi intensitas hujan

Intensitas hujan (mm/jam)	Klasifikasi
0 – 5	Sangat rendah
5 -10	Rendah
11 – 25	Sedang
26 – 50	Agak Tinggi
51 – 75	Tinggi
> 75.00	Sangat finggi

Tidak semua hujan dapat menyebabkan terjadinya erosi, hal ini tergantung dari intensitas hujannya. Dengan intensitas hujan 30-60 mm/jam, hanya sekitar 10% yang menyebabkan erosi.

Intensitas hujan >100 mm/jam untuk semua hujan dapat menyebabkan terjadi erosi. Namun perlu diingat bahwa, meskipun intensitas hujan sangat besar, tapi bila kejadiannya hanya sebentar, maka intensitas hujan tersebut belum tentu dapat membentuk aliran permukaan atau menyebabkan erosi.

Sebagai contoh, jika terjadinya hujan yang sangat lebat sebesar 75 milimeter per jam, tapi hanya terjadi selama 2 menit saja, maka dengan lama waktu hujan yang sangat singkat, jumlah hujan yang jatuh hanya 2.5 milimeter. Nilai ini kemungkinan besar masih belum mampu menyebabkan terjadinya aliran permukaan atau erosi permukaan tanah. Oleh karenanya, selain intensitas, lama hujan juga perlu diperhitungkan, dimana dalam hal ini dikenal definisi *hujan berlebih*.

Menurut U.S. Weather Bureau, suatu hujan dikatakan sebagai hujan lebih jika mempunyai laju atau intensitas paling sedikit adalah:

$$\frac{0.20 + 0.01 * T}{T} * 1500 \, \text{mm per jam}$$

dimana T adalah lamanya hujan dalam menit.

Menurut defenisi pada persamaan di atas, suatu hujan selama 5 menit dari contoh hujan yang sama dinyatakan sebagai hujan lebih jika

intensitasnya lebih besar dari 75 milimeter per jam. Akan tetapi oleh karena jumlah air yang jatuh sebenarnya hanya 6.25 milimeter, kemungkinan terjadinya aliran permukaan adalah masih kecil. Oleh karenanya rumus tersebut di atas masih perlu diberi suatu definisi yang lebih konkrit dan detil. Suatu hujan yang lamanya kurang dari satu jam dikatakan sebagai hujan lebih jika jumlah seluruh hujan yang jatuh melebihi 20 milimeter; sedangkan suatu hujan yang lamanya lebih dari satu jam dikatakan sebagai hujan lebih jika memenuhi persamaan tersebut di atas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui adanya korelasi antara intensitas hujan dengan ukuran diameter butiran hujan. Butiran hujan bermacam-macam ukurannya, mulai dari butiran yang kecil, dengan ukuran diameter < 1 mm sampai yang besar > 3 mm. Tapi, umumnya butiran air hujan memiliki ukuran diameter 1- 4 milimeter. Ukuran diameter butiran air hujan berkisar sedikit di atas 1 milimeter untuk hujan berintensitas 1,25 mm per jam, dan berukuran 3 mm untuk hujan berintensitas 100 mm per jam dapat diartikan bahwa peningkatan diameter butiran sebesar 3 kali diperlukan peningkatan intensitas sebesar 80 kali. Hubungan antara intensitas hujan dengan diameter butiran hujan diberikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Hubungan antara intensitas hujan dengan diameter butiran hujan

Intensitas hujan (mm/jam)	Diameter butiran (mm)
0.25	0.75 – 1.00
1.25	1.00 – 1.25
2.50	1.25 -1.50
12.50	1.75 – 2.00
25.00	2.00 – 2.25
50.00	2.25 – 2.50

100.00	2.75 – 3.00
150.00	3.00 – 3.25

Kecepatan jatuh butiran hujan ditentukan oleh gaya gravitasi, tahanan udara dan angin. Tabel 3.3 menunjukkan hubungan antara diameter butiran hujan dan kecepatan jatuh. Berdasarkan Tabel 3.3 tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan kecepatan jatuh akan bertambah dengan bertambah besarnya ukuran butiran hujan. Ada keseimbangan gaya tekanan dan gaya akibat tegangan permukaan, menyebabkan butiran hujan yang berukuran kecil cenderung berbentuk bulat seperti bola. Lengkungan permukaan yang besar memungkinkan tegangan permukaan menjaga bentuk bulat tersebut. Butir-butir hujan yang besar biasanya berbentuk agak gepeng dengan permukaan bawah yang datar, bentuk yang demikian ini menyebabkan tahanan udara, yang lebih besar. Lengkungan permu-kaan butir hujan yang besar menyebabkan makin lemahnya tegangan permukaan, sehingga butir-butir air hujan pada umumnya mempunyai diameter tidak lebih dari tujuh milimeter.

Selain itu, kecepatan jatuh butiran hujan dipengaruhi juga oleh kecepatan angin. Kecepatan jatuh maksimum butir-butir hujan sekitar 33 km per jam atau setara dengan 9.167 m/detik, kecepatan angin sering lebih besar lagi, sehingga adanya angin yang kencang akan dapat memperbesar kecepatan jatuhnya butiran air hujan. Besarnya laju erosi juga dipengaruhi oleh energi kinetik hujan. Energi kinetik yang dihasilkan oleh hujan menjadi penyebab utama proses penghancuran partikel-partikel tanah. Besarnya energi kinetik hujan dapat dihitung dari rumus energi kinetik benda yang bergerak, yaitu :

$$EK_{hujan} = \frac{1}{2} m * v^2$$

Dimana :

Ek hujan = Energi kinetik jatuhnya butiran hujan

m = massa butiran hujan

v = kecepatan jatuh

Pada saat hujan turun, ada berbagai ukuran diameter butir hujan, demikian juga kecepatan jatuhnya butiran hujan tersebut bervariasi. Semuanya harus diper-hitungkan, sehingga merupakan suatu pekerjaan yang sangat sulit bila harus dihitung.

Tabel 3.4. Hubungan antara ukuran diameter butiran hujan dan kecepatan jatuh

Ukuran Diameter butir Hujan (mm)	Kecepatan jatuh (meter/detik)
1,25	4,85
1,50	5,51
2,00	6,58
3,00	8,06
4,00	8,86
5,00	9,25
6,00	9,30

Besarnya energi kinetik yang disebabkan oleh hujan dihitung dengan suatu pen-dekatan yang lebih rasional. Energi kinetik jatuhnya butiran hujan yang menyebabkan erosi bila hujan tersebut jatuh dari ketinggian di atas 5 m, dan mencapai nilai maksimumnya untuk berbagai ukuran butiran hujan pada ketinggian di atas 20 m. Perhitungan energi kinetik butiran hujan yang menye-babkan erosi (*sifat erosivitas hujan*) dan proses penghancuran partikel tanah dengan memperhitungkan distribusi ukuran butir dan kecepatan jatuhnya butir untuk berbagai intensitas hujan. Terdapat hubungan korelasi antara sifat-sifat hujan dengan erosi yang terjadi pada tanah yang diberakan (tanah gundul tanpa tanaman).

Ada 4 faktor yang harus diperhitungkan tentang hubungan antara sifat erosivitas hujan dengan besarnya erosi, yaitu, (1) energi curah hujan, (2)

pengaruh interaksi antara energi hujan dan intensitas hujan maksimum, (3) pengaruh hujan sebelumnya, (4) energi kumulatif.

Berdasarkan pada 4 faktor tersebut di atas, jumlah erosi dari suatu lahan pertanian yang diberakan dapat diduga dengan tingkat kebenaran yang tinggi, jika data dari stasiun pencatat data curah hujan yang mempengaruhi daerah pertanian tersebut tersedia dan sifat kepekaan erosi tanah (*erodibilitas*) diketahui. Untuk mengetahui besarnya energi kinetik curah hujan yang mempengaruhi erosi, dan hubungan antara erosi dan curah hujan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan interaksi energi dan intensitas hujan. Persamaan ini merupakan perkalian antara energi hujan total dengan intensitas hujan maksimum yang ter-jadi selama 30 menit (EI_{30}). EI_{30} merupakan suatu ukuran bagi pengaruh bersama antara (1) laju infiltrasi yang berkurang selama hujan; (2) pengaruh antara aliran air permukaan terhadap erosi, (3) perlindungan lapisan tanah dari pengaruh percikan butiran hujan terhadap tanah.

Dalam melakukan perhitungan EI_{30} di Indonesia sangat sulit, dan para ahli mengusulkan teknik lain untuk menentukan nilai EI_{30} dengan menggunakan data catatan hujan yang umumnya tersedia di lapangan. Untuk menghitung EI_{30} dengan menggunakan data curah hujan tahunan (R) adalah sebagai berikut:

$$EI_{30} = 2{,}34 * R^{1{,}98}$$

Dimana:

EI 30 = indeks erosiitas hujan 30 menit

R = curah hujan tahunan (cm)

Para ahli hidrologi mengembangkan persamaan EI_{30} dengan menggunakan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan perbulan dan curah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan tersebut. Bentuk persamaannya adalah:

$$EI_{30} = 6{,}119 * (RAIN)^{1{,}21} * (DAYS)^{-0{,}47} * (MAXP)^{0{,}53}$$

Dimana

EI_{30} = indeks erosi hujan bulanan

RAIN = curah hujan rata-rata bulanan (cm)

DAYS = jumlah hari hujan rata-rata per bulan, dan

MAXP = curah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan bersangkutan

EI_{30} = adalah jumlah EI_{30} bulanan.

Pengaruh Tanah

Tanah di Indonesia banyak yang berasal dari abu vulkanis, dimana jenis tanah ini merupakan jenis tanah yang rawan terhadap erosi. Selain itu, sebagian besar daerah di Indonesia didominasi oleh tanah Podsolik dan tanah Latosol yang mempunyai warna yang cukup khas, yaitu berwarna merah kekuning kuningan sampai merah coklat.

Tanah Podsolik mempunyai karakteristik sebagai berikut :

a) Kesuburan kimiawi rendah atau miskin akan unsur hara tanaman.
b) Reaksi tanah bersifat masam atau pH rendah.
c) Solumnya dangkal atau lapisan tanah atas tipis.
d) Mudah tererosi serta sifat-sifat fisiknya buruk sampai sedang.
e) Produktivitas tanahnya berkisar dari tingkatan rendah sampai sedang
f) Sebagai lahan pertanian sangat memerlukan pemupukan lengkap (N,P, dan K), pengapuran dan pengendalian erosi.

Sedangkan tanah Latosol, memiliki ciri-cirinya sebagai berikut :

a) Kesuburan kimiawi rendah atau miskin unsur hara tanaman.
b) Bereaksi masam atau pH rendah.
c) Sifat fisik cukup baik, lapisan solumnya dalam dan tahan terhadap erosi,
d) Berkembang di daerah-daerah dengan curah hujan 2.000 – 7.500 mm, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi.

Melihat ciri-ciri tanah yang seperti di atas, maka tindakan konservasi perlu dilakukan, sebab ditinjau dari sifat-sifat yang ada, tanah-tanah tersebut dapat dikatakan relatif tidak subur dan mudah tererosi. Hal ini berbeda dengan tanah yang ada di Pulau Jawa yang relatif subur untuk pertumbuhan tanaman. Kesu-buran tanah di Pulau Jawa tercermin dari banyaknya tanaman tanaman tropis yang dapat tumbuh dengan lebat. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan tanah atas yang ada masih banyak mengandung lapisan organik (*humus*) dan cukup tebal.

Namun, mengingat bahwa tanah yang ada di pulau Jawa sudah sedemikian lama diusahakan, dan adanya pengelolaan yang kurang baik di masa jaman penjajahan, disamping makin meningkatnya jumlah penduduk di Pulau Jawa dengan berbagai kepentingan, maka sistem konservasi yang baik perlu diperhatikan, karena dalam kenyataannya saat ini sudah banyak dijumpai tanah yang mulai rusak.

Sifat-Sifat Tanah yang Mempengaruhi Erosi

Beberapa sifat tanah yang mempengaruhi erosi adalah (1) tekstur tanah, (2) struktur tanah, (3) kandungan bahan organik, (4) kedalaman lapisan tanah, (5) sifat lapisan tanah, dan (6) tingkat kesuburan tanah.

Tekstur

Tekstur tanah besar pengaruhnya terhadap erosi. Tanah yang bertekstur kasar biasanya didominasi oleh pasir, mempunyai kapasitas infiltrasi yang tinggi, dan jika *horizon* tanah tersebut dalam, maka erosi dapat diabaikan. Untuk tanah bertekstur pasir halus juga mempunyai kapasitas infiltrasi cukup tinggi, akan tetapi jika terjadi aliran permukaan, maka butir-butir halus akan mudah terangkut. Tanah yang bertekstur halus dan didominasi oleh liat dalam jumlah yang tinggi dapat tersuspensi oleh butir-butir hujan yang jatuh menimpanya dan menyebabkan pori-pori lapisan permukaan akan tersumbat, sehingga infiltrasi pada tanah tersebut terganggu. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan aliran permukaan dan besarnya erosi akan meningkat. Akan

tetapi jika tanah yang demikian ini mempunyai struktur yang mantap yaitu tidak mudah terdispersi, maka infiltrasi masih cukup besar sehingga aliran permukaan dan erosi tidak begitu hebat. Ukuran suatu tanah mudah atau tidak tererosi dinyatakan dalam bentuk nilai perbandingan persentase partikel liat terhadap persentase pasir dan debu dalam bentuk persamaan :

$$\text{Persen liat} = \frac{\text{persen pasir} + \text{persen debu}}{\text{persen liat}}$$

Dengan menggunakan nilai persentase liat tersebut, kepekaan tanah terhadap erosi dapat diperkirakan. Jika nilai persentase liat tinggi, maka tanah umumnya kurang peka terhadap erosi. Sebaliknya untuk nilai persentase liat rendah, maka tanah peka terhadap erosi. Tekstur tanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kapasitas tanah untuk menahan air dan permeabilitas tanah serta berbagai sifat fisik dan kimia tanah lainnya.

Struktur Tanah

Struktur adalah ikatan butir-butir primer pembentuk tanah (pasir, debu, dan liat) yang bergabung membentuk butir sekunder atau *agregat*. Susunan butir-butir primer partikel tanah tersebut menentukan tipe struktur. Tanah-tanah yang berstruktur granuler lebih terbuka dan akan menyerap air lebih cepat dari pada yang berstruktur dengan susunan butiran primernya lebih rapat.

Bahan Organik

Bahan organik adalah sisa-sisa tanaman yang jatuh ke permukaan tanah, baik berupa daun, ranting, dan sebagainya yang belum hancur. Bahan organik ini berfungsi menutupi permukaan tanah, merupakan pelindung tanah yang baik terhadap kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh. Selain itu juga bahan organik dapat menghambat kecepatan aliran air di atas permukaan tanah sehingga mengalir dengan lambat. Bahan organik yang telah mengalami pelapukan akan mempunyai kemampuan

menyerap dan menahan air yang tinggi. Pengaruh bahan organik dalam mengurangi aliran permukaan terutama berupa perlambatan aliran permukaan, peningkatan infiltrasi dan pemantapan agregat tanah.

Kedalaman Tanah

Pada umumnya tanah-tanah yang memiliki lapisan yang dalam dan permeabel adalah merupakan tanah yang kurang peka terhadap erosi, sebaliknya tanah yang permeabel dan dangkal adalah tanah yang peka terhadap erosi. Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah, dan dengan demikian mempengaruhi besarya aliran permukaan.

Dalam kaitannya dengan kesuburan tanah terhadap pertumbuhan akar tanaman, dikenal beberapa klasifikasi kedalaman tanah seperti yang diberikan pada Tabel 3.6. Kedalaman tanah ini efektif adalah merupakan kedalaman mulai dari permukaan tanah sampai pada lapisan yang tidak dapat ditembus lagi oleh akar tanaman biasa, yang berupa lapisan padas keras, padas liat atau padas rapuh.

Tabel 3.5. Klasifikasi kedalaman tanah

Klas	Kedalaman efektif (cm)	Klasiflkasl
K_0	> 90	Dalam
K_1	53 - 90	Sedang
K_2	25 – 50	Dangkal
K_3	< 25	Sangat dangkal

Sifat Lapisan Tanah bagian Bawah

Sifat lapisan tanah bagian bawah yang menentukan kepekaan erosi tanah adalah permeabilitas lapisan tanah tersebut. Permeabilitas sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur tanah. Tanah yang lapisan bawahnya berstruktur granuler dan permeabel biasanya kurang peka

terhadap erosi dibandingkan dengan tanah yang lapisan bawahnya padat dan permeabilitasnya rendah.

Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah sangat erat dengan pertumbuhan tanaman, perbaikan terhadap kesuburan tanah akan memperbaiki pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanam-an yang lebih baik akan memperbaiki penutupan tanah yang lebih baik pula, dan lebih banyak sisa tanaman yang kembali lagi ke tanah setelah panen. Secara umum, jumlah bahan organic, berupa sistem perakaran sebanding dengan pertumbuhan bagian di atas tanah.

Kepekaan Tanah terhadap Erosi

Kepekaan suatu jenis tanah terhadap erosi, menunjukkan sifat mudah atau tidaknya tanah mengalami erosi. Sifat ini ditentukan oleh berbagai sifat fisik dan kimia tanah. Kepekaan erosi sering dinilai dengan suatu parameter yang disebut sebagai *indeks erodibilitas tanah*. Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan di berbagai tempat di pulau Jawa, tanah Regosol dan tanah Grumusol merupakan tanah yang sangat peka terhadap erosi bila dibandingkan dengan tanah Andosol atau Latosol yang terbentuk dari batuan vulkan.

Banyak usaha telah dilakukan untuk mendapatkan suatu indeks erodibilitas tanah, baik yang didasarkan pada sifat-sifat tanah yang ditetapkan di laboratorium maupun di lapangan atau yang berdasarkan response tanah terhadap hujan. Berbagai indeks erodibilitas tanah telah dikembangkan di laboratorium, namun indeks erodibilitas yang diperoleh tersebut sering tidak dapat dimanfaatkan untuk menduga besarnya erosi yang terjadi di lapangan, karena kondisi lapangan yang sedemikian kompleksnya. Suatu tanah yang mempunyai kepekaan rendah mungkin akan mengalami erosi yang berat jika tanah tersebut terletak pada lereng yang curam dan panjang serta curah hujan dengan intensitas yang selalu tinggi.

Sebaliknya suatu tanah yang mempunyai kepekaan erosi yang tinggi, mungkin memperlihatkan gejala erosi yang ringan atau tidak memperlihatkan adanya gejala erosi jika terletak pada daerah yang landai, dengan tanaman penutup tanah yang baik dan hujan yang berintensitas rendah. Kepekaan erosi tanah pada prinsipnya haruslah merupakan pernyataan keseluruhan pengaruh sifat-sifat tanah, dan bebas dari pengaruh faktor penyebab erosi lainnya. Untuk memberikan penilaian kepekaan erosi tanah yang memenuhi syarat tersebut di atas dan dapat diper-gunakan dalam pelaksanaan usaha konservasi tanah.

Faktor erosi tanah didefenisikan sebagai *erosi per satuan indeks erosi hujan* untuk suatu tanah dalam keadaan standar. Tanah dalam keadaan standar adalah tanah yang terbuka, tidak ada vegetasi sama sekali, terletak pada lereng 9 persen dengan bentuk lereng yang seragam, dan panjang lereng 72.6 feet atau 22 meter. Nilai faktor kepekaan erosi tanah (K) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$K = \frac{A}{R}$$

dimana

K = nilai indeks erodibilitas lahan

A = besarnya erosi yang terjadi pada petak standar (ton/ha/ tahun)

R = EI_{30} tahunan.

Makin kecil nilai K, makin tidak peka suatu tanah terhadap erosi. Klasifikasi nilai K sering dikelompokkan menjadi beberapa kelas seperti diperlihatkan pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6. Klasifikasi Nilai K

Kelas	Nilai K	Klasifikasi
1	0.00 – 0.10	Sangat rendah
2	0.11 – 0.20	Rendah
3	0.21 – 0.32	Sedang

4	0.33 – 0.40	Agak Tinggi
5	0.44 – 0.55	Tinggi
6	0.56 – 0.64	Sangat Tinggi

Pengaruh Topografi

Kemiringan lereng dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Unsur lain yang mungkin berpengaruh adalah konfigurasi, keseragaman dan arah lereng. Panjang lereng dan kemiringan lereng saja tidak dapat digunakan untuk memperkirakan erodibilitas tanah, tetapi harus juga memperhitungkan bentuk lengkungan dan kecembungan lereng, seperti halnya faktor-faktor yang lain, misalnya seperti faktor vegetasi, struktur tanah dan jenis tanah.

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng suatu lahan biasanya dinyatakan dalam satuan derajat atau persen. Dua titik yang berjarak horisontal 100 m dan mempunyai perbedaan tinggi 1 m biasanya dinyatakan dengan kemiringan lereng 1 persen dan kecuraman lereng 100 persen sama dengan kecuraman 45 derajat. Berdasarkan prosentase kemiringannya, besarnya kecuraman lereng dapat dikelompokkan dalam kelas-kelas kemiringan lereng sebagai berikut ini.

Tabel 3.7. Klasifikasi kemiringan lereng

Kelas	Kemiringan (%)	Kelas Kemiringan
A	0 - 3	Datar
B	3 – 8	Landai atau berombak
C	8 - 15	Agak miring atau bergelombang
D	15 - 30	Miring atau berbukit
E	30 - 45	Agak curam

F	45 - 65	Curam
G	> 65	Sangat curam

Pada kondisi nyata di lapangan, kemiringan dan kecuraman lereng akan memperbesar jumlah dan kecepatan aliran permukaan, yang pada akhirnya akan memperbesar energi angkut air. Selain itu dengan makin miringnya lereng, maka jumlah butir tanah yang terpercik ke bawah oleh tumbukan butir-butir air hujan akan semakin banyak. Gambar 3.11 menunjukkan kemiringan lereng. Erosi semakin besar dengan makin curamnya lereng, besarnya erosi meningkat menjadi lebih dari dua kali lipat, jika lereng menjadi dua kali lebih curam, sementara jumlah aliran permukaan tidak banyak bertambah bahkan cenderung relatif konstan. Hal ini disebabkan karena jumlah aliran permukaan dibatasi oleh jumlah air hujan yang jatuh.



Gambar 3.11. Kemiringan dan panjang lereng

Panjang Lereng

Panjang lereng dihitung mulai dari suatu tempat pada awal mulai terjadinya aliran permukaan sampai pada tempat dimana air masuk ke dalam saluran, atau sungai, atau dimana kemiringan lereng berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah. Air yang mengalir di permukaan tanah akan terkumpul di ujung lereng. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa makin banyak air yang mengalir, makin besar kecepatan terjadi di bagian bawah lereng dari pada di bagian atasnya. Akibatnya adalah tanah di bagian bawah lereng

mengalami erosi lebih besar dari pada di bagian atasnya. Dengan bertambahnya panjang lereng menjadi dua kali lipat, maka jumlah erosi total dapat bertambah menjadi lebih dari dua kali lipatnya, tetapi erosi per satuan luasnya (per hektar) tidak serta merta menjadi dua kali.

Konfigurasi Lereng

Bila dilihat kondisi di lapangan, bentuk permukaan lereng lahan dapat berbentuk cembung atau cekung. Berdasarkan hasil pengamatan, secara umum menunjukkan bahwa erosi permukaan lebih sering dan lebih berat terjadi pada lereng dengan permukaan cembung dari pada lereng dengan permukaan cekung. Sedangkan pada lereng dengan permukaan cekung, erosi yang terjadi cenderung berupa erosi alur atau parit.

Keseragaman Lereng

Kecuraman lereng permukaan tanah tidak selalu seragam, dimana lereng yang curam dan pendek selalu diselingi dengan lereng yang lebih datar. Keadaan yang demikian ini akan berpengaruh pada besarnya kecepatan aliran permukaan dan erosi tanah. Umumnya dapat dikatakan bahwa besarnya kecepatan aliran permukaan dan erosi akan lebih kecil pada lereng yang tidak seragam dari pada lereng yang seragam.



Gambar 3.12. Konfigurasi Lereng

Arah Lereng

Pada bagian belahan bumi di bagian utara, lereng yang menghadap ke arah selatan, umumnya akan mengalami erosi lebih besar dari pada yang

menghadap ke utara. Hal ini disebabkan karena tanah berlereng yang menghadap ke selatan, sebagai akibat dari pengaruh sinar matahari secara langsung dan intensif, tanah akan memiliki kandungan bahan organic lebih sedikit dan akibatnya adalah bahwa tanah menjadi lebih mudah hancur.

Pengaruh Vegetasi

Suatu vegetasi penutup tanah yang baik, seperti rumput yang tebal atau hutan yang lebat akan memperkecil atau bahkan menghilangkan pengaruh hujan dan topografi terhadap erosi. Karena adanya kebutuhan manusia akan pangan, sandang dan pemukiman, maka tidak semua tanah dapat dibiarkan tertutup hutan dan padang rumput. Namun demikian, dalam usaha pertanian, sebaiknya jenis tanaman yang diusahakan dipilih yang dapat mencegah terjadinya erosi. Pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi tanah dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

a) Intersepsi hujan oleh tajuk atau mahkota tanaman
b) Mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kekuatan daya perusak air
c) Adanya pengaruh akar tumbuhan terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah, dan
d) Transpirasi mengakibatkan berkurangnya aliran permukaan.

Intersepsi Hujan

Intersepsi hujan oleh vegetasi mempengaruhi erosi melalui dua cara yaitu:

a) Mempengaruhi jumlah air yang sampai ke tanah sehingga dapat mengurangi aliran permukaan.
b) Mempengaruhi kekuatan perusak butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah.

Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan, jika terjadi curah hujan sebesar 6.25 mm yang jatuh di atas vegetasi, maka diperkirakan

sebesar 80% atau sebanyak 5 mm dapat terintersepsi dan tidak pernah mencapai tanah, sedangkan suatu hujan sebesar 25 mm dapat terintersepsi sebanyak 7.5 mm atau 30% terintersepsi. Besarnya air hujan yang menembus tajuk tanaman dan sampai di permukaan tanah dipengaruhi oleh jenis tanaman dan kerapatan tanaman, seperti pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Pengaruh tajuk tanaman terhadap intersepsi

Jenis Tanaman	Persentase hujan yang menembus tajuk tanaman				
	Jumlah tanaman tiap 4 m^2				
	0	36	64	100	144
Jagung	100	62.9	60.7	57.0	44.5
Kacang kedelai	100	88.4	78.2	65.9	64.3

Energi butir-butir hujan yang jatuh akan teredam oleh tajuk vegetasi sehingga ketika sampai di permukaan tanah kekuatan perusaknya telah berkurang dan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan energi hujan yang jatuh langsung ke permukaan tanah.

Besarnya pengurangan energi kinetik hujan yang sampai di permukaan tanah dipengaruhi oleh kerapatan tajuk dan tinggi tajuk dari permukaan tanah. Semakin rendah dan rapat tajuk, semakin kecil energi kinetik hujan yang jatuh sampai di permukaan tanah. Akan tetapi untuk jenis vegetasi yang bertajuk tinggi dari atas permukaan tanah, butir hujan yang terlepas dari tajuk, kecepatan jatuhnya meningkat kembali sehingga energi kinetiknya ketika sampai dipermukaan tanah meningkat kembali. Energi jatuhnya air hujan mulai mencapai nilai erosive pada ketinggian 5 m, dan mencapai nilai maksimumnya untuk berbagai ukuran butiran hujan setelah 20 m.

Mengurangi Kecepatan Aliran Permukaan

Vegetasi yang merambat di permukaan tanah merupakan agen penghambat aliran permukaan yang efektif, sedangkan pohon yang kerapatannya kurang dengan jarak tanamnya lebar, maka kecil sekali pengaruhnya terhadap kecepatan aliran permukaan. Tumbuhan yang merambat di permukaan tanah dengan rapat, tidak hanya memperlambat aliran air, tetapi juga mencegah berkumpulnya air secara cepat.

Pengaruh Perakaran Tanaman

Perakaran vegetasi membantu pembentukan agregat tanah yang diawali dengan penghancuran bongkah tanah oleh akar tanaman. Akar vegetasi masuk ke dalam bongkah dan menimbulkan celah-celah yang kemudian menjadi butir-butir sekunder. Selain itu juga akar tanaman dapat menyebabkan agregat tanah menjadi stabil secara mekanik dan kimia. Akar serabut tanaman akan mengikat butir-butir primer, dan memberikan senyawa kimia yang berfungsi sebagai pemantap agregat.

Pengaruh Transpirasi Terhadap Kecepatan Aliran Permukaan

Trasnpirasi adalah suatu proses penguapan air melalui bagian-bagian tanaman. Proses ini berlangsung terus menerus selama vegetasi masih hidup. Untuk menggantikan air yang ditranspirasikan tersebut, vegetasi mengambilnya dari air tanah. Dengan demikian akan terjadi pengurangan jumlah air dalam tanah dan hal ini akan memperbesar kapasitas tanah untuk menyerap air hujan. Maka hal ini akan mengurangi jumlah aliran permukaan.

Pada lahan-lahan yang kosong atau tanah terbuka, dimana tidak ada vegetasi yang menutupi, akan lebih mudah mengalami erosi. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya lumpur yang terbawa oleh sungai dari daerah berbukit yang terbuka tanpa vegetasi pada musim hujan. Vegetasi penutup tanah dapat mengurangi kecepatan aliran permukaan dan erosi. Besarnya kecepatan aliran permukaan pada tanah terbuka

setelah hujan, dengan dan tanpa hujan sehari sebelumnya, jauh lebih besar dari tanah tertutup hutan atau rumput. Adanya pengurangan aliran permukaan dan erosi sebagai akibat tumbuhnya kembali vegetasi pada tanah yang terbuka.

Pengaruh Tindakan Manusia

Aktivitas yang dilakukan manusia terhadap tanah akan menentukan apakah lahan yang diusahakannya akan rusak dan tidak produktif, atau menjadi baik dan poduktif secara berkelanjutan. Banyak faktor yang menentukan apakah manusia akan memperlakukan dan merawat serta mengelola tanahnya secara bijaksana sehingga menjadi lebih baik dan dapat memberikan pendapatan yang cukup untuk jangka waktu, yang tidak terbatas, yang antara lain adalah, (1) luas tanah pertanian yang diusahakan, (2) sistem pengusahaan tanah, (3) tingkat pengetahuan dan penguasaan teknologi, (4) harga hasil usaha tani, (5) pasar dan sumber keperluan tani, (6) infra struktur dan fasilitas kesejahteraan.

Lahan yang sempit diusahakan oleh petani, mungkin tidak akan mampu untuk memenuhi kebutuhan pokok dan menghidupi keluarganya, apalagi untuk membiayai tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki tanahnya dan meningkatkan produktivitas tanah tersebut. Keadaan demikian ini akan menyebabkan tanah tersebut makin rusak dan makin merosot produktivitasnya yang mendorong petani untuk menggarap tanah-tanah lain yang bukan haknya atau yang sebenarnya tidak boleh digarap. Luas tanah yang tanah yang mampu diusahakan oleh suatu keluarga petani rata-rata suatu daerah atau negara ditentukan oleh tingkat penguasan teknologi, sifat tanah, topografi, iklim, dan jenis tanaman yang diusahakan. Dalam batas pengaruh faktor-faktor tersebut terdapat variasi yang cukup besar dalam luas tanah yang diusahakan.

2.4 Pengendalian Erosi Lahan Pertanian

Teknologi pengendalian erosi dapat dibedakan menjadi dua kegiatan, yaitu pengendalian erosi dan konservasi tanah. Pengendalian erosi dapat diartikan sebagai usaha pencegahan kerusakan tanah dengan cara mengupayakan ketahanan tanah terhadap erosi dan mengurangi sifat erosi hujan dan aliran permukaan. Sedangkan pengawetan tanah atau konservasi tanah diartikan sebagai usaha untuk merancang pendayagunaan tanah bagi kebutuhan jangka pendek serta melindunginya agar dapat dimanfaatkan untuk jangka panjang.

Dalam usaha pencegahan atau mengendalikan erosi, hendaknya diperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi, baik yang menguntungkan maupun merugikan, yang selanjutnya akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk kegiatan perencanaan konservasi dan rehabilitasi lahan.

Berdasarkan pada faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi, maka dalam menentukan pengendalian erosi di dasarkan pada prinsip-prinsip sebagai berikut:

a) Memperbesar ketahanan permukaan tanah terhadap erosi, sehingga lapisan permukaan tanah tahan terhadap tumbukan butir-butir hujan;
b) Memperbesar kapasitas masuknya air (*infiltrasi*) ke dalam tanah, sehingga dengan meningkatnya laju infiltrasi akan mengurangi aliran permukaan;
c) Memperkecil aliran permukaan agar daya kikisnya terhadap tanah yang dilewati dapat diperkecil;
d) Memperbesar ketahanan lapisan tanah sehingga daya rusak dan daya angkut aliran permukaan terhadap tanah diperkecil.

Dengan memperhatikan prinsip-prinsip di atas, maka usaha pengendalian erosi atau usaha konservasi tanah dapat dilaksanakan dengan tiga cara, yaitu (1) cara vegetatif atau biologi, (2) cara mekanik

dan (3) cara kimia dengan menggunakan bahan pemantap tanah (*soil conditioner*).

Cara Vegetatif atau Biologi

Usaha pengendalian erosi dengan cara vegetatif dilakukan dengan memanfaatkan peranan tanaman, dimana tanaman dapat mengurangi erosi dalam hal;

1. Batang, ranting dan daun tanaman berperan untuk menghalangi tumbukan langsung butir hujan terhadap permukaan tanah, dengan peranannya tersebut akan tercegah penghancuran agregat tanah.
2. Daun-daun tanaman yang jatuh menutupi tanah, semak dan akar tanaman yang tersebar pada permukaan berperan mengurangi kecepatan aliran permukaan, sehingga daya kikis dan daya angkut air pada permukaan tanah dapat diperkecil atau diperlambat.
3. Daun dan ranting yang jatuh menutupi permukaan tanah berperan sebagai mulsa tanah yang melindungi permukaan tanah terhadap daya kikis air. Selain itu peranannya juga memperkaya bahan organik tanah yang berfungsi untuk meningkatkan ketahanan tanah, sehingga mempertinggi ketahanan tanah terhadap erosi.
4. Akar tanaman berperan memperbesar kapasitas infiltrasi tanah, memperbaiki porositas tanah sehingga air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah, serta meningkatkan stabilitas butiran tanah.
5. Akar tanaman berperan dalam pengambilan air tanah untuk keperluan hidupnya. Hal ini mengakibatkan kekosongan air dalam tanah dan meningkat-kan daya isap tanah, sehingga dapat mengurangi laju aliran permukaan

Berbagai jenis tanaman dan penggunaan tanah mempunyai efisiensi yang berlainan dalam kegiatan pengendalian erosi. Efisiensi akan relatif tinggi jika menggunakan vegetasi yang ditanam permanen, seperti hutan

lebat dengan semak-semak. Beberapa jenis tanaman yang digunakan untuk pengendalian erosi yaitu :

a) Vegetasi permanen, seperti hutan lebat dan semak-semak.
b) Padang rumput.
c) Leguminosa berbiji kecil.
d) Serealia.
e) Leguminosa berbiji besar, seperti kedelai, kacang tanah.
f) Tanaman semusim, seperti jagung, singkong, kentang dan lain-lain.

Penghutanan Kembali dan Penghijauan

Tanah-tanah yang gundul akibat perusakan hutan dan tanaman keras lainnya, harus diperbaiki dan dikembalikan kondisinya dengan jalan penghutanan kembali (*reboisasi*). Saat ini dikenal ada dua cara penghutanan kembali, yaitu (1) *cara banjar harian* dimana petani menerima upah untuk penanaman kembali hutan dan (2) *cara tumpang sari* yaitu cara penghutanan kembali dimana petani mendapatkan kesempatan untuk menanam palawija selama beberapa musim di antara tanaman reboisasi. Jenis tanaman yang bisa digunakan untuk rebosisasi adalah pohon pinus, jati, mahoni, rasamala, kayu putih, kemiri dan kaliandra, dan lain-lain.

Penghijauan adalah penanaman kembali tanah-tanah rakyat dan tanah lainnya seperti tanah desa, tanah negara, bekas perkebunan yang telah mengalami kerusakan. Tanaman yang dapat digunakan untuk penghijauan adalah cengkeh, jambu mete, kayu manis, petai, nangka, klueh dan karet dan lain-lain.

Penanaman Tanaman Penutup Tanah

Tanaman penutup tanah, berperan melindungi permukaan tanah dari dispersi dan penghancuran tanah oleh butir-butir hujan. Selain itu, tanaman penutup tanah juga dapat memperlambat aliran permukaan serta melindungi permukaan tanah dari daya kikis aliran permukaan.

Tanaman penutup tanah akan memberikan sumbangan bahan organik kepada tanah untuk meningkatkan ketahanan tanah, memberikan unsur hara dan memperbesar porositas tanah.

Penanaman tanaman penutup tanah dapat dilakukan pada larikan diantara barisan tanaman utama, dimana tanaman utama biasanya berupa tanaman tinggi seperti halnya reboisasi. Tidak semua jenis tanaman bisa dijadikan sebagai tanaman penutup tanah, hanya yang memenuhi beberapa prasyarat antara lain :

a) Tanaman penutup tanah merupakan semak (tanaman rendah).
b) Tanaman penutup tanah bukan tanaman pengganggu, sehingga tidak mela-kukan persaingan dengan tanaman utama dalam hal pengambilan air, sinar matahari dan unsur hara.
c) Tumbuh cepat dan rimbun, sehingga mampu bersaing dengan tanaman peng-ganggu yang mungkin tumbuh, dan tidak menjadi sarang bagi hama dan penyakit tanaman, serta memilki nilai C/N rendah dan tidak disukai oleh ternak.
d) Mudah diperbanyak dengan biji.
e) Sistem perakaran tidak bersaing dengan tanaman pokok.
f) Tidak mensyaratkan kesuburan tanah yang tinggi.
g) Berdaun banyak.
h) Toleransi terhadap pemangkasan.
i) Resisten terhadap hama, penyakit dan kekeringan.
j) Mudah diberantas.
k) Tidak memiliki sifat yang tidak menyenangkan, misalnya berduri.

Penanaman Tanaman dalam Larikan

Penanaman tanaman dalam larikan (*strip cropping*) adalah suatu sistem bercocok tanam dimana beberapa jenis tanaman ditanam dalam larikan yang berselang seling pada sebidang tanah dan disusun memotong lereng atau searah dengan garis kontur. Biasanya tanaman yang dipergunakan adalah tanaman pangan atau tanaman semusim diselingi dengan larikan tanaman penutup tanah atau untuk pupuk hijau. Dalam

sistem ini pekerjaan pengolahan tanah dan penanaman dilakukan menurut kontur dan dapat juga dikombinasikan dengan pergiliran tanaman dan penggunaan sisa-sisa tanaman.

Ada tiga tipe penanaman dalam larikan yaitu (1) penanaman larikan menurut kontur (*contour strip cropping*) berupa susunan larikan menurut garis kontur, (2) penanaman dalam larikan lapangan (*field strip cropping*) dan (3) penanaman dalam larikan penyangga (*buffer strip cropping*).



Gambar 3.13. Penanaman Larikan Menurut Kontur

Pergiliran Tanaman

Pergiliran tanaman adalah suatu sistem bercocok tanam pada suatu bidang lahan yang terdiri dari beberapa jenis tanaman yang ditanam secara berurutan pada waktu tertentu, setelah masa panennya kembali lagi pada tanaman semula.



Gambar 3.14. Penanaman dalam Larikan Lapangan



Gambar 3.15. Penanaman dalam Larikan Penyangga

Manfaat penanaman secara bergilir adalah :

a) Mengurangi terjadinya erosi.
b) Meningkatkan produksi pertanian dan atau pendapatan petani per satuan luas dalam kurun waktu tertentu.
c) Meratakan pemanfaatan tanah-tanah yang kosong.
d) Memperkaya variasi menu petani.
e) Memperkecil resiko kegagalan panen.
f) Memperbaiki kesuburan tanah.
g) Mengurangi biaya pengolahan tanah.
h) Memelihara keseimbangan biologis.

Jenis-jenis pergiliran tanaman adalah sebagai berikut :

a) Penanaman secara beruntun (*squental planting*) yaitu cara menanam tanaman berikutnya sesegera mungkin setelah tanaman terdahulu dipanen, misalnya tanaman kedelai, begitu dipanen segera ditanami jagung.
b) Penanaman campuran (*mixed cropping*) yaitu penanaman dua jenis tanaman atau lebih tanpa mengabaikan tanaman pupuk hijau atau tanaman penutup permukaan ditanam serentak pada waktu yang sama.
c) Tumpang sari seumur (*inter cropping*) adalah sistem pertanaman tumpang sari seumur, dua atau lebih tanaman ditanam serentak membentuk barisan tertentu.

d) *Inter planting* yaitu tumpang sari beda umur. Tanaman berumur pendek di tanam sebaris diantara tanaman berumur lebih panjang.

Penggunaan Serasah

Penggunaan sisa-sisa tanaman untuk konservasi tanah dalam bentuk mulsa atau pupuk hijau. Pemulsaan dapat mencegah terjadinya erosi, karena mulsa melindungi permukaan tanah dari butir-butir hujan dan melindungi permukaan tanah dari daya kikis aliran air dipermukaan. Mulsa mengurangi erosi dengan cara meredam energi hujan yang jatuh sehingga tidak merusak struktur tanah, mengurangi kecepatan dan jumlah aliran permukaan, dan mengurangi daya kikis aliran permukaan.



Gambar 3.16. Penggunaan Mulsa Organik

Cara Mekanik

Usaha pengendalian erosi dengan cara mekanik dilakukan dengan pembuatan bangunan untuk mengurangi aliran permukaan dan erosi. Metoda mekanik dilaku-kan, jika metode vegetatif sudah tidak mampu melindungi tanah dari erosi atau kemiringan > 15%.

Metoda mekanik dalam konservasi tanah berfungsi :

a) Memperlambat aliran permukaan.
b) Menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak merusak.
c) Meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah.
d) Memperbaiki aerasi.
e) Menyediakan air bagi tanaman.



Gambar 3.17. Penanaman Campuran



Gambar 3.18 Penanaman Tumpang Sari Seumur



Gambar 3.19 Penanaman Tumpang Sari Berbeda Umur

Dengan pembuatan dan perlakuan seperti di atas usaha pengendalian erosi secara mekanis dapat diharapkan menghambat aliran permukaan sehingga daya kikis terhadap tanah akan diperkecil.

Jenis-jenis metode mekanik dalam pengendalian erosi adalah, (1) pengolahan tanah, (2) pembuatan guludan, (3) pembuatan teras bangku, (4) pembuatan teras gulud, (5) pembuatan teras kebun, (6) pembuatan rorak.

Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah adalah setiap manipulasi mekanik terhadap tanah untuk menciptakan keadaan tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Tujuan pengolahan tanah adalah untuk menyiapkan tempat tumbuh, memperbaiki daerah perakaran, membenamkan sisa tanaman, dan memberantas gulma.



Gambar 3.20 Pengolahan Tanah



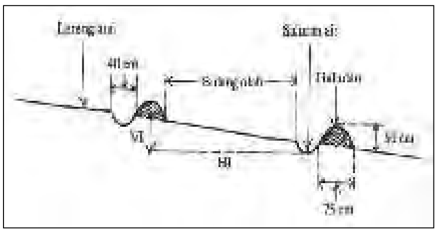
Gambar 3.21. Pengolahan tanah menurut garis kontur

Bila ditinjau dari segi konservasi, pengolahan tanah lebih merugkan karena tanah menjadi gembur sehingga lebih mudah tererosi, meskipun tanah gembur dapat lebih menyerap air permukaan. Untuk mencegah erosi yang berlebihan dengan masih tercapainya tujuan pengolahan tanah, maka hal-hal berikut perlu diper-hatikan, yaitu (1) tanah diolah

seperlunya, (2) penggunaan bahan kimia untuk menghindari gulma, (3) pengolahan tanah tidak terlalu dalam, (4) pengolahan tanah menurut garis kontur

Pembuatan Guludan

Guludan adalah timbunan yang dibuat memanjang menurut garis kontur. Timbunan dapat dibuat dari tanah dan atau pasangan batu. Dengan adanya guludan dapat mengurangi atau menghentikan aliran permukaan sehingga menghentikan erosi. Tinggi guludan 50–75 cm dengan lebar dasar 100–150 cm. Jarak antara guludan tergantung kemiringan, kepekaan tanah terhadap erosi, dan erosivitas hujan.



Gambar 3.22. Teknik pembuatan guludan



Gambar 3.23. Guludan

Teras

Teras adalah bangunan yang dibuat untuk mengurangi panjang lereng dan mena-han air sehingga mengurangi kecepatan dan jumlah air yang diserap masuk ke dalam tanah, sehingga dapat mengurangi jumlah erosi.

Ada dua jenis teras, yaitu (1) teras bertangga atau biasa dikenal dengan teras bangku (*bench terrace*), dan (2) teras berdasar lebar (*broad base terrace*).

Fungsi teras adalah (1) mengurangi panjang lereng, (2) mengurangi kecepatan aliran air, (3) menambah jumlah air yang terinfiltrasi

Teras Bangku

Teras bangku atau teras tangga dibuat dengan cara memotong panjang lereng dan meratakan tanah di bagian bawahnya, sehingga terjadi deretan bangunan yang berbentuk seperti tangga.

Pada kegiatan usaha tani lahan kering, fungsi utama teras bangku adalah:

a) memperlambat aliran permukaan.
b) menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan yang tidak sampai merusak.
c) meningkatkan laju infiltrasi.
d) mempermudah pengolahan tanah.

Teras bangku dapat dibuat dengan bidang olah datar, membentuk sudut 0^{o} dengan bidang horizontal, miring ke dalam dengan bidang olah miring beberapa derajat ke arah yang berlawanan dengan lereng asli, dan miring keluar dengan bidang olah miring ke arah lereng asli. Teras biasanya dibangun di ekosistem lahan sawah tadah hujan, lahan tegalan, dan berbagai sistem wanatani.



Gambar 3.24 Teras Berdasar Lebar

Teras Gulud

Teras gulud adalah guludan yang dibuat berteras. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan teras gulud, yaitu (1) teras gulud cocok diterapkan pada lahan dengan kemiringan 10-40%, dapat juga pada lahan dengan kemiringan 40-60% namun relatif kurang efektif, Pada tanah yang permeabilitasnya tinggi, guludan dapat dibuat menurut arah kontur.



Gambar 3.25. Teras Bangku

Pada tanah yang permeabilitasnya rendah, guludan dibuat miring terhadap kontur, tidak lebih dari 1% ke arah saluran pembuangan. Hal ini ditujukan agar air yang tidak segera terinfiltrasi ke dalam tanah dapat tersalurkan ke luar ladang dengan kecepatan rendah.



Gambar 3.26. Teras Gulud

Teras Kebun

Teras kebun adalah jenis teras untuk tanaman tahunan, khususnya tanaman pekebunan dan buah-buahan. Teras dibuat dengan interval yang bervariasi menurut jarak tanam.

Pembuatan teras bertujuan untuk: (1) meningkatkan efisiensi penerapan teknik konservasi tanah, dan (2) memfasilitasi pengelolaan lahan (*land management facility),* diantaranya untuk fasilitas jalan kebun, dan penghematan tenaga kerja dalam pemeliharaan kebun.



Gambar 3.27. Teras Kebun

Rorak

Rorak merupakan lubang penampungan atau peresapan air yang dibuat di bidang olah atau saluran resapan. Pembuatan rorak bertujuan untuk memperbesar pere-sapan air ke dalam tanah dan menampung tanah yang ererosi.

Pada lahan kering beriklim kering, rorak berfungsi sebagai tempat pemanen air hujan dan aliran permukaan. Dimensi rorak yang disarankan sangat bervariasi, misalnya kedalaman 60 cm, lebar 50 cm, dan panjang berkisar antara 50 - 200 cm. Panjang rorak dibuat sejajar kontur atau memotong lereng. Jarak ke samping antara satu rorak dengan rorak lainnya berkisar 100-150 cm, sedangkan jarak horizontal 20 m pada lereng yang landai dan agak miring sampai 10 m pada lereng yang lebih curam. Dimensi rorak yang akan dipilih disesuaikan dengan kapasitas air atau sedimen dan bahan-bahan terangkut lainnya yang akan ditampung.



Gambar 3.28. Rorak

Konservasi Secara Kimiawi

Metode kimia adalah tindakan atau perlakuan kepada tanah agar terjadi pening-katan kemantapan agregat tanah atau struktur tanah, dengan jalan memberikan preparat-preparat kimia tertentu yang dapat memperkecil kepekaan tanah terhadap ancaman kerusakan tanah. Salah satu cara yang digunakan dalam metode kimia adalah dengan pemakaian bahan pemantap tanah (*Soil Conditioner*). Tujuanya untuk meperbaiki keadaan atau sifat fisik tanah dengan menggunakan bahan-bahan kimia baik secara buatan atau alami.

Bahan pemantap tanah yang baik harus mempunya sifat-sifat sebagai berikut:

(1) Mempunyai sifat yang adesif serta dapat bercampur dengan tanah secara merata
(2) Dapat merubah sifat *hidrophobik* atau *hidrophilik* tanah yang demikian dapat merubah kurva penahanan air tanah.
(3) Dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, yang berarti mempenga-ruhi kemampuan tanah dalam menahan air.
(4) Daya tahan tanah sebagai pemantap tanah cukup memadai, tidak terlalu singkat dan tidak terlalu lama, tidak bersifat racun (*phytotoxix*) dan harganya terjangkau.

Beberapa cara pemakaian bahan pemantap tanah kedalam tanah adalah sebagai berikut :

a) Pemakaian di permukaan tanah, dengan cara ini larutan atau emulsi zat kimia pemantap tanah pada pengeceran yang di kehendaki disemprotkan langsung ke atas permukaan tanah dengan alat

sprayer yang biasa digunakan untuk memberantas hama. Cara ini dapat dilakukan untuk penelitian di laboratorium dan di lapangan.

b) Pemakaian secara dicampur, dengan cara ini larutan atau emulsi zat kimia pemantap tanah dengan pengeceran yang dikehendaki disemprotkan ke dalam tanah, kemudian tanah tersebut dicampur dengan bahan kimia tadi sampai merata, biasanya sampai kedalaman 0–25 cm. Cara ini bisa dilakukan dalam penelitian di laboratorium dan di lapangan. Dalam area yang luas biasanya menggunakan mesin penyemprot khusus seperti traktor.

c) Pemakaian setempat, dengan cara ini pemakaian bahan kimia atau terbatas pada lubang-lubang tanaman saja (misalnya lubang berukuran 60 x 60 x 60 cm). Cara ini biasanya dilakukan di lapangan saja pada areal yang akan ditanami tanaman tahunan dalam rangka usaha penghijauan.

Beberapa nama bahan pemantap tanah (*soil conditioner*) antara lain (1) emulsi bitumen berupa cairan, (2) latex berupa cairan, (3) Polyurethane (uresol 3-10) berupa cairan, (4) Lignosulphonate berupa cairan, (5). Polyvinylalcohol (PVA) atau Elvanol 52-22 berupa serbuk, (6) Polyvinylacetate (PV Ac) atau Curasol AE/AH/DC/70 berupa cairan, (7) Polyacrylamide (PAM) berupa cairan, (8) Plyacrylic acid (PVA) berupa cairan, (9) Humus (bahan organik), dan lain-lain.

3. Refleksi

a. Tuliskan nama dan KD yang telah anda selesaikan pada lembar tersendiri
b. Tuliskan jawaban pada pertanyaan pada lembar refleksi!
c. Kumpulkan hasil refleksi pada guru anda

3.1 Pengertian Erosi

LEMBAR REFLEKSI
1. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini? ....
2. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja. ....
3. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
4. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
5. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini! ....

3.2 Proses Terjadinya Erosi dan Faktor Penyebab Erosi,

LEMBAR REFLEKSI
6. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini? ……… ……… ………
7. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja. ……… ……… ………
8. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini? ……… ……… ………
9. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini? ……… ……… ………
10. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini! ……… ……… ………

3. 3 Pengendalian Erosi Tanah Pertanian

LEMBAR REFLEKSI
11. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini? ....
12. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja. ....
13. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
14. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini? ....
15. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini! ....

4. Tugas

4.1 Tugas Pengertian Erosi

Mencari Informasi tentang Erosi Lahan Pertanian

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 3 tentang Erosi Lahan Pertanian sub Pengertian Erosi. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang pengertian erosi. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang pengertian erosi, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada lembar kerja praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik 1

Pengamatan Proses Erosi

Pendahuluan

Erosi lahan, baik lahan pertanian, maupun bukan lahan pertanian pasti terjadi. Hanya saja intensitasnya yang berbeda, ada yang proses erosinya berlangsung parah atau dahsyat dan ada yang biasa saja, bahkan seolah-olah tidak terjadi erosi. Hal ini semua sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu mengenal kejadian erosi pada sebidang lahan, bila tersedia fasilitas yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat

- Alat Tulis
- Kamera

Bahan

- Lahan pertanian

Cara Kerja

1. Pilih lokasi lahan yang akan diamati terjadinya erosi.
2. Dengarkan penjelasan dari guru pengampu Anda tentang erosi, dan tugas yang harus dilakukan.
3. Amati erosi tanah yang terjadi, tentuk bentuk erosi yang terjadi pada lahan tersebut.
4. Ambil gambar bentuk erosi yang terjadi pada lahan tersebut.
5. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di depan kelas.

4.2 Tugas Proses Terjadinya Erosi dan Faktor Penyebab Erosi,

Proses Terjadinya Erosi

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Pembelajaran 3 tentang Erosi Lahan Pertanian pada sub Proses Terjadinya Erosi. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang Proses Terjadinya Erosi. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang Proses Terjadinya Erosi, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Pengamatan Proses Erosi

Pendahuluan

Erosi adalah proses perpindahan tanah akibat curah hujan. Banyak sedikitnya tanah yang terbawa bersama aliran permukaan, sangat dipengaruhi oleh banyak faktor. Secara umum faktor yang menjadi penyebab dan mempengaruhi terjadinya erosi adalah (1) iklim, (2)

kondisi tanah (3) bentuk wilayah (topografi), (4) tanaman pemutup tanah (vegetasi), dan (5) kegiatan atau perlakuan manusia terhadap tanah.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu memahami proses terjadinya erosi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, bila disediakan fasilitas yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan ini adalah;

- Grafik hujan
- Gelas Ukur
- Meteran
- Alat tulis dan kalkulator

Bahan yang digunakan

- Data curah hujan.

Cara Kerja:

Menghitung kedalaman Curah Hujan

1. Ukurlah luas penampang corong penakar curah hujan (mm^2).
2. Ukur volume curah hujan yang tertampung dengan menggunakan gelas ukur (mm^3).
3. Konversi volume menjadi kedalaman (d) curah hujan dengan menggunakan rumus

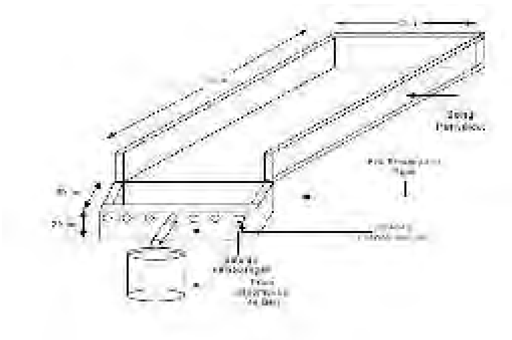
$$d(mm) = \frac{\text{volume}(mm^3)}{\text{luas penampang corong}(mm^2)}$$

Menghitung EI 30 dari Tabel Curah Hujan

1. Amati grafik hujan dan catat kejadian hujan, jumlah hujan dan lama kejadian hujan.
2. Hitung jumlah hujan pada setiap kejadian hujan, intensitas hujan, I30 (lihat grafik), Energi kinetik hujan dan EI30.

3. Hitung besarnya energi kinetik hujan (E) dinyatakan dalam ton-meter per hektar per cm hujan dihitung dengan persamaan : E = 210 + 89 log i
4. Hitung besarnya EI_{30} dengan persamaan:

$$EI_{30} = \frac{\sum (\text{Energi kinetik}) \times I_{30}}{100}$$



Pengukuran Jumlah Tanah Tererosi

1. Buatlah bagan percobaan seperti pada gambar di atas.
2. Curahkan air dengan menggunakan penyemprot taman atau kamar mandi pada bagan percobaan
3. Air yang masuk ke dalam bak dan drum penampung diendapkan
4. Tanah yang mengendap dipisahkan, masing-masing dikering udarakan selama satu hari kemudian ditimbang beratnya, misal berat tanah pada bak (A1) kg dan pada drum (A2) kg.
5. Dari masing-masing tanah tersebut diambil sampel sebanyak berat tertentu (B1) kg dari (A1) dan (B2) kg dari (A2), kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 1050 C sampai beratnya konstan, misal (C1) dari (B1) dan (C2) dari (B2).
6. Hitung Berat tanah tererosi dalam bak (E1) dan berat tanah tererosi dalam drum (E2) dengan jumlah lubang sebanyak n adalah :

$$E1 = (C1/B1) \times A1 \text{ (kg/plot)}$$

$$E2 = (C2/B2) \times A2 \text{ (kg/plot)}$$

7. Hitung berat total tanah tererosi pada kejadian hujan tersebut adalah :

$$Et = E1 + (n \times E2) \text{ (kg/plot)}$$

Pengukuran Volume Aliran Permukaan (Runn Off)

Volume aliran permukaan diukur dari setiap kejadian hujan yang menimbulkan aliran permukaan. Dari setiap petak ditetapkan dengan mengukur volume air dalam bak penampung (V1) dan drum (V2) dengan volume tanah yang mengendap (Vt). Volume aliran permukaan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$V = V_1 + (n \times V_2) - Vt$$

$$Vt = \frac{\text{Berat tanah (gram)}}{\text{BD tanah (gr/cm}^3\text{)}}$$

$$V1 = \text{tinggi air di bak x luas penampang bak}$$

$$V2 = \text{tinggi air di drum x luas penampang drum}$$

Pengukuran BD tanah (gram/cm3)

1. Ambil sampel tanah kering mutlak dan timbang, misal beratnya adalah A gram.
2. Masukan kedalam gelas ukur berisi air sehingga terbaca perubahan volume air (ΔV).
3. Hitung BD tanah dengan menggunakan persamaan;

$$BD_{tanah} = \frac{\text{Berat tanah (A gram)}}{\text{Pertambahan volume (cm}^3\text{)}}$$

4.3 Tugas Pengendalian Erosi Tanah Pertanian

Pengendalian Erosi Lahan Pertanian

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 3 tentang Erosi Lahan Pertanian pada sub Pengendalian Erosi Lahan Pertanian. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang Pengendalian Erosi Lahan Pertanian. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang Pengendalian Erosi Lahan Pertanian, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Pengendalian Erosi Lahan Pertanian

Pendahuluan

Erosi pada lahan pertanian, dapat berdampak serius terhadap kelangsungan kegiatan pertanian, karena salah satu dampaknya adalah dapat menyebabkan tanah menjadi gersang dan tidak dapat ditanami. Untuk menghindari agar hal tersebut tidak sampai terjadi, maka erosi harus dikendalikan.

Teknologi pengendalian erosi dapat dibedakan menjadi dua kegiatan, yaitu pengendalian erosi dan konservasi tanah. Pengendalian erosi dapat diartikan sebagai usaha pencegahan kerusakan tanah dengan cara mengupayakan ketahanan tanah terhadap erosi dan mengurangi sifat erosi hujan dan aliran permukaan. Sedangkan pengawetan tanah atau konservasi tanah diartikan sebagai usaha untuk merancang pendayagunaan tanah bagi kebutuhan jangka pendek serta melindunginya agar dapat dimanfaatkan untuk jangka panjang.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu memahami teknologi pengendalian erosi lahan pertanian, bila peserta didik diajak ke suatu daerah yang sudah menerapkan teknologi pengendalian erosi.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan ini adalah

- Buku catatan.
- Kamera.
- Lahan atau daerah pertanian yang sudah diterapkan teknologi pengendalian erosi.

Bahan yang digunakan

- Tanah utuh berbagai jenis tanah.

Cara Kerja

a. Tetapkan suatu daerah pertanian yang sudah menerapkan teknologi pengendalian erosi.
b. Dengarkan penjelasan dari guru yang mengampu kegiatan praktik.
c. Bagi siswa menjadi beberapa kelompok, sesuai dengan jenis teknologi pengendalian erosi yang diterapkan.
d. Mintalah siswa sesuai dengan pembagian kelompoknya untuk mengamati teknologi pengendalian erosi yang telah diterapkan di daerah tersebut. Gunakan kamera untuk merekam gambar hal-hal yang diperlukan sesuai dengan tujuan kegiatan praktik.
e. Mintalah siswa untuk membuat laporan hasil kegiatan praktikum dan mempresentasikan di depan kelas.

5. Test Formatif

5.1 Test Formatif Pengertian Erosi

a. Apa yang dimaksud dengan erosi ?
b. Apa yang dimaksud dengan erosi alamiah dan erosi dipercepat ?
c. Jelaskan jenis-jenis erosi ?
d. Sebutkan tahap-tahap terjadinya proses erosi !

5.2 Test Formatif Proses Terjadinya Erosi dan Faktor Penyebab Erosi,

a. Mengapa di daerah trospis curah hujan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap proses erosi ?
b. Bagaimana peranan suhu mempengauhi proses erosi ?
c. Apa yang dimaksud dengan intensitas hujan ?
d. Apa sebab tidak semua hujan dapat menyebabkan erosi ?
e. Berapa ketinggian minimal hujan yang dapat menyebabkan erosi bila ditinjau dari energy kineteik hujan?
f. Apa yang dimaksud dengan erosivitas hujan ?
g. Apa yang dimaksud dengan erodibilitas tanah ?
h. Apa yang dimaksud dengan EI_{30}?

5.3 Test Formatif Pengendalian Erosi Tanah Pertanian

a. Apa yang dimaksud dengan pengendalian erosi tanah pertanian ?
b. Apa yang dimaksud dengan konservasi tanah ?
c. Jelaskan prinsip-prinsip pengendalian erosi tanah !
d. Jelaskan cara-cara pengendalian erosi tanah !

Kunci Jawaban

Kunci Jawaban Pengertian Erosi

a. Erosi atau pengikisan tanah adalah proses penghanyutan tanah oleh pengaruh kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alami maupun sebagai akibat campur tangan tindakan atau perbuatan manusia.
b. Erosi alamiah adalah jenis erosi yang berlangsung secara alamiah dan terjadi secara normal di lapangan tanpa ada pengaruh campur tangan manusia, sedangkan erosi dipercepat adalah proses erosi yang kejadiannya dipercepat akibat tindakan atau perbuatan manusia yang bersifat negatif, atau karena adanya kesalahan dalam pengelolaan tanah pertanian. Jadi dalam hal ini manusia membantu mempercepat terjadinya erosi tersebut.
c. Erosi dibedakan menjadi 4 yaitu (1) erosi permukaan tanah (*sheet erosion*), (2) erosi alur (*rill erosion*), (3) erosi parit (*gully erosion*) dan (4) erosi tebing sungai (*stream bank erosion*)
d. Proses erosi melalui tahap-tahap sebagai berikut, (1) Pemecahan agregat atau bongkah tanah menjadi partikel-partikel tanah yang berukuran kecil, (2) Pemindahan partikel tanah, baik dengan melalui penghanyutan oleh air maupun karena kekutan angin, (3) Pengendapan partikel tanah yang terpindahkan atau terangkut ke tempat-tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk.

Kunci Jawaban Proses Terjadinya Erosi dan Faktor Penyebab Erosi,

a. Karena curah hujan dan intensitas hujan mempunyai daya penghancuran yang sangat besar terhadap lepasnya atau terurainya agregat tanah hingga menjadi partikel yang lebih kecil yang mudah terhanyutkan dibandingkan faktor-faktor yang lain.
b. Arena suhu akan mempercepat terjadinya proses pelapukan bahan mineral atau unsur hara dan bahan organik yang terdapat pada tanah. Dengan terjadinya proses pelapukan tersebut, maka mineral dan

bahan organic akan mudah hancur dan hanyut bersama dengan alira permukaan.

c. Intensitas hujan adalah besarnya curah hujan yang jatuh di suatu daerah atau kawasan dalam suatu waktu yang singkat, misalnya dalam waktu 5, 10, 15 atau 30 menit yang dinyatakan dalam satuan milimeter per jam atau sentimeter per jam.
d. Hujan dapat menyebabkan erosi, jika dapat membentuk aliran permukaan minimal 20 mm.
e. Energi kinetik hujan dapat menyebabkan terjadinya erosi jika ketinggiannya minimal 5 m, dan mencapai nilai maksimum pada ketinggian di atas 20 meter.
f. Erosivitas hujan adalah sifat kemampuan hujan yang dapat menyebabkan terjadinya erosi yang besarnya tergantung pada ukuran buiran hujan, kecepatan jatuh hujan dan intensitas hujan.
g. Erodibilitas tanah adalah sifat tanah kepekaan suatu tanah terhadap terjadinya erosi.
h. EI30 adalah suatu angka indeks curah hujan yang menyebabkan terjadinya erosi yaitu perkalian antara energy hujan total dengan intensitas hujan maksimum yang terjadi selama 30 menit.

Kunci Jawaban Pengendalian Erosi Tanah Pertanian

a. Pengendalian erosi dapat diartikan sebagai usaha pencegahan kerusakan tanah dengan cara mengupayakan ketahanan tanah terhadap erosi dan mengurangi sifat erosi hujan dan aliran permukaan.
b. Konservasi tanah diartikan sebagai usaha untuk merancang pendayagunaan tanah bagi kebutuhan jangka pendek serta melindunginya agar dapat dimanfaatkan untuk jangka panjang.
c. Prinsip-prinsip pengendalian erosi tanah adalah (1) Memperbesar ketahanan permukaan tanah terhadap erosi, sehingga lapisan permukaan tanah tahan terhadap tumbukan butir-butir hujan, (2) Memperbesar kapasitas masuknya air (*infiltrasi*) ke dalam tanah,

sehingga dengan meningkatnya laju infiltrasi akan mengurangi aliran permukaan, (3) Memperkecil aliran permukaan agar daya kikisnya terhadap tanah yang dilewati dapat diperkecil, (4) Memperbesar ketahanan lapisan tanah sehingga daya rusak dan daya angkut aliran permukaan terhadap tanah diperkecil.

d. Usaha pengendalian erosi atau usaha konservasi tanah dapat dilaksanakan dengan tiga cara, yaitu (1) cara vegetatif atau biologi, (2) cara mekanik dan (3) cara kimia dengan menggunakan bahan pemantap tanah (*soil conditioner*).

C. Penilaian

Pada Kegiatan Pembelajaran 3 tentang Erosi Lahan Pertanian, penilaian kompetensi peserta didik dilakukan terhadap komponen berikut, yaitu penilaian sikap, penilaian pengetahuan dan penilaian keterampilan.

1. Penilaian Sikap

Penilaian sikap terdiri dari Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti). Lembaran ini diisi oleh guru/peserta didik/teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4	=	selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan
3	=	sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan
2	=	kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan
1	=	tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk Penskoran :

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Skor perolehan}}{\text{skor tertinggi}} \text{ x } 4 = \text{skor akhir}$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 4 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} \text{ x } 4 = 2.8$$

Peserta didik memperoleh nilai :

Sangat Baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80 – 100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70 – 79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2.40 – 2,79 (60 – 69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang 2.40 (kurang dari 60%)

Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : ………………………………………..……………………………..

Kelas : ………………………………………..……………………………..

Tanggal Pengamatan : ………………………………………..……………………………..

Materi Pokok : ………………………………………..……………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan kegiatan pembelajaran				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil dan selesai mengerjakan sesuatu.				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

Sikap Sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………...

Kelas : ……………………………………………………………………...

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………...

Materi Pokok : ……………………………………………………………………...

No.	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Teliti dalam membaca buku teks				
2.	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3.	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4.	Teliti pada saat praktek				
5.	Teliti dalam membuat laporan/ presentasi				
Jumlah Skor					

2. Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis.

Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai hasil tugas peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai nilai tugas yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut

No.	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
9)	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
10)	Hasil Pengumpulan informasi	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
11)	Penyusunan Laporan	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
12)	Presentasi	Tidak baik	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik

Nama Peserta Didik : ………………………………………………………………………...

Kelas : ………………………………………………………………………...

Tanggal Pengamatan : ………………………………………………………………………...

Materi Pokok : ………………………………………………………………………...

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
1.	Pemahaman materi pada buku teks					

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
2.	Hasil Pengumpulan informasi					
3.	Penyusunan Laporan					
4.	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Catatan :
Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah 3 x 4 = 12, sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16.

Penilaian Tes Tertulis

1. Penilaian Tes Tertulis Pengertian Erosi

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Erosi yang dipercepat sering-kali menimbulkan dampak yang merugikan bagi kehi-dupan manusia terutama pada lingkungan. Mengapa ?	Erosi yang dipercepat dapat menimbulkan dampak kerugian yang sangat besar, seperti misalnya banjir, kekeringan, atau penurunan produktifitas tanah. Selain itu erosi yang dipercepat juga menimbulkan ketidak-seimbangan, dimana bagian tanah yang terhanyutkan atau terpindahkan, jumlahnya jauh lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah di tempat yang lebih rendah. Dampak lain adalah proses penipisan dan pengikisan lapisan tanah dapat terus menerus terjadi, yang jika tidak segera dikendalkan pada akhirnya dapat menghilangkan lapisan tanah bagian atas (*top soil*), sementara lapisan bagian bawah tanah (*sub soil*) yang tertinggal kondisinya masih belum	40

		matang dan masih belum subur untuk keperluan per-tanian.	
2.	Proses erosi tidak dapat dipisahkan dari sedimentasi yang juga sangat berbahaya. Jelaskan mengapa?	Permasalahan tentang erosi tidak dapat terpisahkan dari proses pengendapan atau sedimentasi. Karena pengendapan adatu sedimentasi adalah lanjutan dari erosi, dimana proses mengen-dapnya butir tanah yang telah terhanyutkan atau terangkut pada tempat yang lebih rendah, sungai dan waduk. Sedimentasi yang terjadi di sungai selain menyebabkan sungai menjadi dangkal, juga dapat mempersem-pit lebar sungai yang disebabkan oleh proses pembentukan tanah baru. Jika lumpur tanah hasil erosi tersebut akan terhanyut-kan bersama aliran air, maka pembentukan tanah baru akan terjadi di muara sungai yang dikenal dengan pembentukan delta seperti yang banyak dijumpai pada sungai–sungai yang bermuara di pantai utara Pulau Jawa. Sedangkan jika lumpur tersebut mengendap di dalam waduk, maka usia operasi waduk terganggu atau berkurang akibat adanya sedimentasi.	60
		Skor Total	100

2. Penilaian Tes Tertulis Proses Terjadinya Erosi dan Faktor Penyebab Erosi

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Mengapa curah hujan yang tinggi, misalnya > 100 mm/jam jika terjadi hanya sebentar tidak menyebabkan erosi ?	Suatu curah hujan, meskipun intensitasnya tinggi, misalnya > 100 mm, jika kejadiannya hanya sebentar maka tidak dapat menyebabkan erosi, sebab erosi hanya terjadi jika hujan dapat membentuk aliran permukaan.	12.5
2.	Apa yang dimaksud dengan hujan berlebih	Suatu hujan dikatakan sebagai hujan berlebih, jika intensitas-nya	12.5

	?	lebih besar dari 75 milimeter per jam.	
3	Jelaskan beberapa sifat tanah yang mempengaruhi terjadinya erosi.	Sifat-sifat tanah yang mempe-ngaruhi erosi adalah tekstur tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik, kedalaman lapis-an tanah, sifat lapisan tanah, dan tingkat kesuburan tanah.	12.5
4.	Apa yang dimaksud dengan persentase liat dalam kaitannya dengan erosi tanah ?	Persentase liat adalah ukuran suatu tanah mudah atau tidak tererosi yang dinyatakan dalam bentuk nilai perbandingan per-sentase partikel liat terhadap persentase pasir dan debu dalam bentuk persamaan : $\text{Persentase liat} = \frac{\text{persen pasir} + \text{persen debu}}{\text{persen liat}}$	12.5
5	Apa arti nilai persentase liat jika dikaitkan dengan erosi tanah ?	Suatu tanah yang memiliki nilai persentase liat tinggi, maka tanah tersebut biasanya kurang peka terhadap erosi, dan sebaliknya jika nilai persentase liat rendah, maka tanah tersebut mudah tererosi.	12.5
6.	Apa pengaruh struktur tanah terhadap erosi tanah?	Tanah-tanah yang berstruktur granuler lebih banyak mengandung pori-pori makro dan akan mudah menyerap air, jika dibandingkan dengan tanah yang berstruktur dengan susunan butiran primernya lebih rapat.	12.5
7.	Apa pengaruh kedalaman tanah terhadap erosi tanah	Pada umumnya tanah-tanah yang memiliki lapisan solum yang dalam dan permeabel adalah merupakan tanah yang kurang peka terhadap erosi, sebaliknya tanah yang permeabel dan dangkal adalah tanah yang peka terhadap erosi. Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah, dan dengan demikian mempengaruhi besarya aliran permukaan.	12.5
8.	Apa hubungan antara kesu-buran tanah	Tanah-tanah yang subur, biasa-nya pertumbuhan tanaman juga akan subur, sehingga tanaman akan	12.5

	terhadap erosi tanah?	banyak melindungi tanah terhadap timpasan langsung curah hujan. Selain itu juga sisa-sisa tanaman berupa hasil panen atau serasah banyak dikembalikan ke tanah dan berfungsi sebagai mulsa, sehingga dapat melindungi tanah.	
		Skor Total	100

3. Penilaian Tes Tertulis Pengertian Erosi Pengendalian Erosi Tanah Pertanian

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Bagaimana teknik pengenda-lian erosi secara vegetative dapat mengurangi erosi tanah ?	Teknik pengendalian erosi cara vegetatif dapat mengurangi erosi dengan cara sebagai berikut (1) Batang, ranting dan daun tanaman berperan menghalangi tumbukan langsung butir hujan terhadap permukaan tanah, (2) Daun-daun tanaman yang jatuh menutupi tanah, semak dan akar tanaman yang tersebar pada permukaan tanah mengurangi kecepatan aliran permukaan, sehingga daya kikis dan daya angkut air pada permukaan tanah dapat diperkecil atau diperlambat, (3) Daun dan ranting yang jatuh menutupi permukaan tanah berperan sebagai mulsa tanah yang melindungi permukaan tanah terhadap daya kikis air, disamping peranannya mem-perkaya bahan organik tanah yang berfungsi untuk mening-katkan ketahanan (bahan pe-rekat) tanah sehingga mem-pertinggi ketahanan tanah terhadap erosi, (4) Akar tanaman berperan memperbesar kapasitas infil-trasi tanah, memperbaiki porositas tanah sehingga air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah, serta meningkatkan stabilitas butiran tanah, (5) Akar tanaman berperan dalam pengambilan air tanah untuk	12.5

		keperluan hidupnya. Hal ini mengakibatkan kekosongan air dalam tanah dan meningkatkan daya isap tanah, sehingga dapat mengurangi laju aliran permukaan.	
2.	Saat ini ada dua jenis cara penghutanan kembali, jelaskan!	Dua cara penghutanan kembali, yaitu (1) *cara banjar harian* dimana petani menerima upah untuk penanaman kembali hutan dan (2) *cara tumpang sari* yaitu cara penghutanan kembali dimana petani mendapatkan kesempatan untuk menanam palawija selama beberapa musim di antara tanaman reboisasi.	12.5
3	Apa fungsi tanaman penutup tanah (cover crops) dalam hal pengendalian erosi tanah ?	Fungsi tanaman penutup tanah dalam kegiatan pengendalian erosi tanah adalah (1) melindungi permukaan tanah dari dispersi dan penghancuran tanah oleh butir-butir hujan, (2) memperlambat aliran permuka-an, (3) melindungi permukaan tanah dari daya kikis aliran permukaan, (4) memberikan sumbangan bahan organik kepa-da tanah untuk meningkatkan ketahanan tanah, (5) memberi-kan unsur hara, dan (6) memperbesar porositas tanah.	12.5
4.	Apa persyaratan tanaman penuutup tanah yang baik ?	Beberapa persyaratan tanaman penutup tanah yang baik, antara lain : a) Berupa semak (tanaman rendah). b) Bukan tanaman pengganggu, c) Tumbuh cepat dan rimbun, d) Mudah diperbanyak dengan biji. e) Sistem perakaran tidak bersaing dengan tanaman pokok. f) Tidak mensyaratkan kesubur-an tanah yang tinggi. g) Berdaun banyak. h) Toleransi terhadap pemang-kasan. i) Tanah terhadap hama, penya-kit dan kekeringan. j) Mudah diberantas. k) Tidak memiliki sifat yang tidak menyenangkan, missal-nya berduri.	12.5

5.	Apa yang dimaksud dengan penanaman dalam larikan (strip cropping) ?	Penanaman tanaman dalam larikan (*strip cropping*) adalah suatu sistem bercocok tanam dimana beberapa jenis tanaman ditanam dalam larikan yang berselang seling pada sebidang tanah dan disusun memotong lereng atau searah dengan garis kontur.	12.5
6.	Jelaskan 3 tipe jenis penanaman dalam larikan!	Tiga tipe penanaman dalam larikan yaitu (1) penanaman larikan menurut kontur (*contour strip cropping*) berupa susunan larikan menurut garis kontur (2) penanaman dalam larikan lapangan (*field strip cropping*) dan (3) penanaman dalam larikan penyangga (*buffer strip cropping*).	12.5
7.	Apa yang dimaksud dengan pergiliran tanaman ?	Pergiliran tanaman adalah suatu sistem bercocok tanam pada suatu bidang lahan yang terdiri dari beberapa jenis tanaman yang ditanam secara berurutan pada waktu tertentu, setelah masa panennya kembali lagi pada tanaman semula.	12.5
8.	Jelaskan manfaat penanaman secara bergilir !	Manfaat penanaman secara ber-gilir adalah (1) mengurangi terjadinya erosi, (2) meningkat-kan produksi pertanian dan atau pendapatan petani per satuan luas dalam kurun waktu tertentu, (3) meratakan pemanfaatan tanah yang kosong, (4) memperkaya variasi menu petani, (5) memperkecil resiko kegagalan panen, (6) memper-baiki kesuburan tanah, (7) mengurangi biaya pengolahan tanah, (8) memelihara keseim-bangan biologis.	12.5
		Skor Total	100

3. Keterampilan

Penilaian keterampilan terdiri dari: Penilaian Praktek pada saat melaksanakan Lembar Kerja.

Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai keterampilan peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai kemampuan yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

4 = dilaksanakan dengan cara yang benar, dan lancar

3 = dilaksanakan dengan cara yang benar, namun tidak lancar

2 = dilaksanakan, namun caranya salah

1 = tidak dilaksanakan

No	**Aspek yang dinilai**	**Skor**				**Nilai**
		1	**2**	**3**	**4**	
11.	Diisi oleh Guru.....					
12.						
13.						
14.						
15.						
dst.						

$$\text{Nilai tes pratek peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Kegiatan Pembelajaran 4. Siklus Unsur Hara Tanaman (38 Jam pelajaran)

A. Deskripsi

Kegiatan Pembelajaran 4 tentang Siklus unsur hara tanaman berisikan 5 materi yang dibahas secara runtun, yaitu (1) Unsur Hara untuk Pertumbuhan Tanaman, (2) Nitrogen, (3) Fosfor dan Belerang, (4) Kalium, Kalsium dan Magnesium, (5) Unsur Hara Mikro.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 4 tentang Siklus Unsur Hara Tanah diharapkan Anda dapat :

a. Menganalisis Jenis-jenis Unsur Hara untuk Pertumbuhan Tanaman.
b. Menganalisis Siklus Unsur Hara Nitrogen.
c. Menganalisis Siklus Unsur Hara Fosfor dan Belerang.
d. Menganalisis Siklus Unsur Hara Kalium, Kalsium dan Magnesium.
e. Menganalisis Siklus Unsur Hara Mikro.

2. Uraian Materi

Pertumbuhan, perkembangan dan produksi suatu tanaman ditentukan oleh dua faktor utama yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan. Salah satu faktor lingkungan yang sangat menentukan lajunya pertumbuhan, perkembangan dan produksi suatu tanaman adalah tersedianya unsur-unsur hara yang cukup di dalam tanah. Tanaman yang memperoleh unsur hara yang cukup dan berimbang akan memperlihatkan pertumbuhan yang seragam, sehat dan menghasilkan buah yang baik. Diantaranya 105 unsur yang ada di atas permukaan bumi, ternyata baru 16 unsur yang mutlak

diperlukan oleh suatu tanaman untuk dapat keperluan siklus hidupnya dengan sempurna, yang disebut dengan unsur hara esensial.



Gambar 4.1 Tanaman jagung yang tumbuh baik dengan hara yang cukup

Unsur Hara Esensial

Secara umum, unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Pengelompokan unsur hara makro dan mikro tersebut dilihat dari jumlah yang dibutuhkan oleh tanaman. Unsur hara makro dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak sebesar ≥ 1000 μg^{-1} berat kering tanaman, sedangkan unsur hara mikro sebesar ≤100 μg^{-1} berat kering tanaman. Ke 16 unsur tersebut terdiri dari 9 unsur makro dan 7 unsur mikro dan ke enambelas unsur hara inilah yang disebut sebagai unsur -unsur esensial.



Gambar 4.2. Unsur Hara Esensial bagi Tanaman

Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi sehingga suatu unsur dapat disebut sebagai unsur esensial, yaitu (1) unsur tersebut diperlukan tanaman selama siklus hidupnya untuk tumbuh secara normal, (2) unsur tersebut memegang peran yang penting dalam proses biokimia tertentu dalam tubuh tanaman, dan (3) peranannya tidak dapat digantikan secara keseluruhan oleh unsur lain,.

Yang termasuk dalam unsur hara esiensial makro adalah nitrogen (N), Fosfor (P), kalium (K), karbon (C), hydrogen (H), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), oksigen (O), serta yang termasuk unsur hara mikro meliputi tembaga (Cu), besi (Fe), Seng (Zn), boron (B), molibden (Mo), klor (Cl) dan mangan (Mn).

Menurut tempat dan lokasi ketersediaan unsur-unsur ini di bagi 3 golongan yaitu (1) pertama berasal dari udara dan air tanah yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen, dan (2) berasal dari tanah seperti unsur hara makro, yaitu nitrogen, fosfor, kalium, sulfur, kalsium dan magnesium, dan unsur mikro yang mencangkup besi, tembaga, mangan, seng, molibdenum, boron dan klor. Unsur ini hanya sedikit dibutuhkan oleh tanaman namun sangat diperlukan. Mengapa unsur hara tersebut dianggap esensial ? Karena jika unsur tersebut tidak diperoleh tanaman, maka tanaman tersebut tidak dapat menyelesaikan siklus hidup secara penuh, unsur yang bersangkutan terlibat langsung dalam proses metabolisme, fungsi fisiologisnya tidak dapat digantikan oleh unsur lain.

Ketersediaan unsur-unsur esensial didalam tanaman sangat ditentukan oleh pH. Nitrogen (N) tersedia pada pH 5.5 - 8.5, Fosfor (P) pada pH 5.5 - 7.5, sedangkan Kalium (K) pada pH 5.5 – 10, sebaliknya unsur mikro relatif tersedia pada pH rendah.

Percobaan dengan memelihara tumbuhan dalam kultur air dan kultur pasir, serta pengawetan di lapangan menyingkap bahwa kekurangan unsur tertentu dapat menunjukkan gejala defiensi yang dapat dikenali. Juga dapat dilihat bahwa adanya interaksi antara unsur- unsur harus ada dalam suatu keseimbangan diantara unsur hara perlu untuk pertumbuhan memadai.

Meskipun telah banyak penelitian tentang keseimbangan unsur hara, namun belum bisa secara spesifik dipahami secara sempurna. Peranan karbon, hidrogen, dan oksigen adalah sebagai pembentuk gula, selulose, protein, dan senyawa tumbuhan lain, maka kandungan unsur-unsur tersebut merupakan kurang lebih 94% dari bobot kering tumbuhan.

Di dalam upaya memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman perlu diperhatikan atas keseimbangan antara jumlah kebutuhan unsur hara makro dan mikro, jika keseimbangan itu tidak terjadi maka akan penghambatan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa akibat dari ketidak seimbangan tersebut diantaranya (1) jika tanaman kelebihan Cu atau sulfat akan menghambat penyerapan Mo, (2) Jika tanaman kelebihan menyerap Zn, Mn, dan Cu dapat menghambat penyerapan Fe, (3) jika tanaman terlalu banyak menyerap P dapat menyebabkan kekurangan Zn, Fe, dan Cu, (4) Jika tanaman terlalu banyak menyerap N, akan menyebabkan kekurangan Cu, (5) jika tanaman kelebihan N dan K sulit menyerap Mn, (6) jika tanaman terlalu banyak menyerap kapur menghambat penyerapan B, (7) kelebihan Fe,Cu, dan Zn dapat mengurangi penyerapan Mn.

Dari penjelasan tersebut bahwa jangan melakukan pemupukan dengan satu jenis pupuk secara terus-menerus saja perlu diberikan pemupukan dengan unsur yang lengkap antara unsur hara makro dan mikronya.

Unsur Hara Nitrogen (N)

Peranan Nitrogen dalam Pertumbuhan tanaman

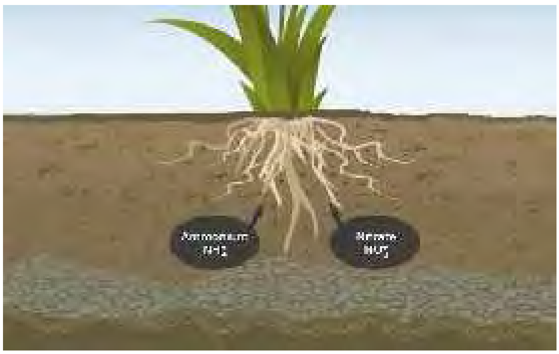
Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar, tetapi apabila terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanaman.

Fungsi Nitrogen bagi tanaman adalah (1) meningkatkan pertumbuhan tanaman, (2) menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman warnanya lebih hijau, (3) meningkatkan kadar protein dalam tanaman, (4)

Meningkatkan berkembang-biaknya mikroorganisme di dalam tanah. Sebagaimana diketahui hal itu penting sekali bagi kelangsungan pelapukan bahan organik.

Penyerapan Nitrogen

Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk NO_3^- (Nitrat) dan NH_4^+ (amonium), akan tetapi nitrat ini segera direduksi menjadi ammonium melalui enzim yang mengandung molibdenum. Jika unsur N yang tersedia lebih banyak dari pada unsur lainnya, akan dapat menghasilkan protein lebih banyak.



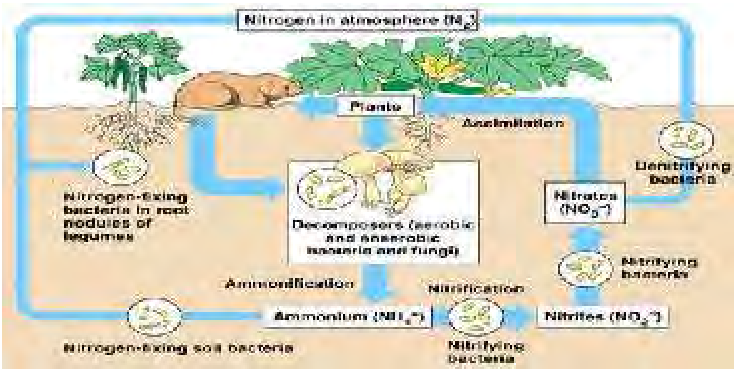
Gambar 4.3. Bentuk Serapan N oleh Tanaman

Udara merupakan sumber Nitrogen yang terbesar, akan tetapi pemanfaatannya bagi tanaman harus mengalami perubahan terlebih dahulu dalam bentuk amoniak, dan nitrat. Hal ini dapat dihasilkan oleh beberapa peristiwa berikut, yaitu (1) Terjadinya halilintar di udara ternyata dapat menghasilkan zat Nitrat, yang kemudian dibawa air hujan meresap ke bumi, (2) Bahan organis dalam bentuk sisa-sisa tanaman di alam terbuka (misalnya pupuk kandang), (3) Pabrik-pabrik pupuk buatan (seperti urea, ZA, dan lain-lain), (4) Oleh aktivitas bakteri-bakteri.

Pemberian zat N terlalu banyak bagi tanaman penghasil buah akan kurang baik karena, (1) akan banyak menghasilkan daun dan batang, (2) batang lembek dan mudah rebah, (3) kurang menghasilkan buah, dan (4) melambatkan masaknya biji atau buah.

Siklus Nitrogen

Siklus nitrogen merupakan salah satu siklus hara paling penting yang ada di permukaan bumi. Nitrogen digunakan oleh organisme hidup untuk menghasilkan sejumlah senyawa kompleks organik, berupa molekul seperti asam amino, protein, dan asam nukleat.

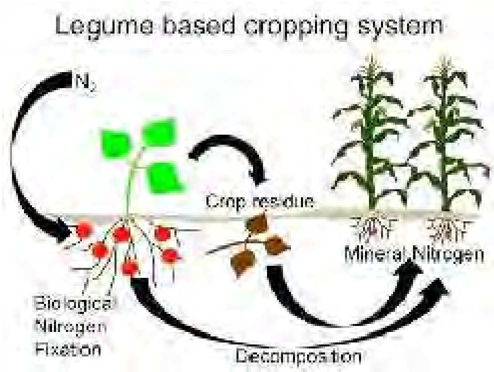


Gambar 4.4 Siklus Nitrogen

Dibawah ini adalah agen-agen yang berperan dalam siklus nitrogen.

a) Bakteri fiksasi nitrogen oleh bakteri dapat memperbaiki atmosfer gas nitrogen (N2) dan untuk amonia (NH_3) dalam reaksi pengurangan. Persamaan untuk reaksi ini adalah: $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$. Beberapa bakteri pengikat nitrogen yang hidup bebas di tanah misalnya Azotobacter dan Rhizobium membentuk hubungan simbiosis mutualisme dengan tanaman leguminosa (kacang polong, kacang-kacangan, semanggi, dan lain-lain) di mana bakteri hidup di nodul pada akar tanaman. Bakteri menyediakan nitrogen untuk tanaman dan tanaman memberikan karbohidrat.

b) Bakteri pengurai yaitu bakteri dan jamur yang mengraikan bangkai binatang dan tanaman, dan mengkonversi menjadi nitrogen organik menjadi anorganik, amonium (NH_4^+).



Gambar 4.5 Fiksasi N oleh tanaman kacang-kacangan

c) Bakteri nitrifikasi **yaitu** bakteri yang merombak molekul nitrogen anorganik, Nitrosomonas mengubah amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-), Nitrobacter mengubah nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat (NO_3^-). Secara bersamaan proses ini dikenal sebagai nitrifikasi. Nitrifikasi hanya terjadi bila kondisi tanah dalam keadaan aerob (mengandung udara) tidak terlalu dingin atau terlalu asam. Jika kondisi tanah yang tidak sesuai terakumulasi ammonium.

d) Bakteri denitrifikas**i** yaitu bakteri yang mengubah nitrat (NO_3^-) untuk nitrit (NO_2^-) dan kemudian ke gas nitrogen (N_2). Bakteri ini mengkonversi nitrogen anorganik ke dalam atmosfer nitrogen. Yaitu suatu proses yang dikenal sebagai denitrifikasi. Contoh bakteri ini adalah Pseudomonas, Thiobacillus dan lain-lain. Ini adalah denitrifikasi bakteri anaerob sehingga hanya terjadi dalam kondisi anaerob (misalnya ketika tanah berawa)

e) Fiksasi nitrogen oleh energi yang tinggi yang tersedia dari petir yang cukup untuk memperbaiki atmosfer nitrogen nitrat

f) Haber-Bosch yaitu proses pembuatan pupuk ammonium, tetapi karena kontribusi terhadap total fiksasi nitrogen atmosfer sering termasuk.

g) **Pencucian**: hilangnya nitrat dari tanah sebagai akibat dari hujan lebat turun. Nitrat larut ke dalam tubuh air (misalnya danau) memperkaya

mereka dan membuat mereka lebih subur. Proses ini dikenal sebagai eutrofikasi.

Nitrogen Tersedia Bagi Tanaman

Nitrogen yang dapat di manfaatkan oleh tanaman tinggkat tingggi khususnya tanaman budidaya dapat di bedakan atas empat kelompok utama yaitu, (1) nitrogen nitrat (NO_3^-), (2) nitrogen ammonia (NH_4^+), (3) nitrogen molekuler (N_2) dan, (4) nitrogen organik.

Namun tidak semua dari bentuk–bentuk nitrogen tersebut dapat tersedia bagi tanaman. Umumnya tanaman pertanian memanfaatkan nitrat dan ammonium kecuali pada beberapa tanaman legume yang mampu memanfaatkan N bebas melalui proses fiksasi N dengan bersimbiosis dengan bakteri Rhizobium. Nitrogen organik kadang-kadang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tingkat tinggi, akan tetapi tidak mampu mencukupi kebutuhan N tanaman dan umumnya dimanfaatkan daun melalui pemupukan daun.
Bagi tanaman pertanian terutama manfaat N dalam bentuk ion nitrat, akan tetapi dalam kondisi tertentu, khususnya pada tanah–tanah masam dan kondisi anaerobik tanaman akan memanfaatkan N dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+). Pada tanaman–tanaman yang tumbuh aktif dengan cepat nitrat yang terabsopsi oleh akar tanaman akan terangkut dengan cepat ke daun mengikuti alur transpirasi. Oleh karena itu metabolisme nitrat pada kebanyakan tanaman budidaya umumnya terjadi didaun walaupun metabolisme nitrogen juga terjadi pada akar tanaman.

Peranan N Bagi Pertumbuhan Tanaman

Nitrogen adalah unsur yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Nitrogen merupakan bagian dari protein, bagian penting konstituen dari protoplasma, enzim, bahan katalis biologis yang mempercepat proses kehidupan. Nitrogen juga merupakan bagian dari *nukleoprotein*, asam amino, amina, asam gula, poli-peptida dan senyawa organik dalam tumbuhan. Untuk

menghasilkan makanan tanaman, diperlukan klorofil, energi sinar matahari untuk membentuk karbohidrat dan lemak dari C air dan senyawa nitrogen.

Gejala Kekurangan dan Kelebihan Nitrogen pada Tanaman

Kekurangan salah satu atau beberapa unsur hara akan mengakibatkan partum-buhan tanaman tidak sebagaimana mestinya yaitu ada kelainan atau penyim-pangan dan banyak pula tanaman yang mati muda yang sebelumnya tampak layu dan mengering.

Adapun gejala yang ditimbulkan akibat dari kekurangan dan kelebihan unsur Nitrogen bagi tnaman adalah sebagai berikut;

(1) Efek kekurangan unsur N bagi Tanaman.

- Pertumbuhan kerdil,
- Warna daun menguning,
- Produksi menurun,
- Fase pertumbuhan terhenti,
- Kematian.



Gambar 4.6. Tanaman Jagung Kekurangan Unsur N

(2) Efek dari kelebihan unsur N bagi tanaman.

- Kualitas buah menurun.
- Menyebabkan rasa pahit (sepertt pada buah timun).
- Produksi menurun
- Daun lebat dan pertumbuhan vegetative yang cepat,

- Menyebabkan keracunan pada tanaman,

Unsur Hara Fosfor (P)

Fungsi Unsur Hara Fosfor

Fosfor seringkali disebut dengan kunci kehidupan, karena terlibat langsung hampir pada seluruh proses kehidupan. Unsur ini merupakan komponen tiap sel hidup dan cenderung terkonsentrasi dalam biji dan titik tumbuh tanaman. Tanaman yang kekurangan fosfor akan terganggu pertumbuhan dan perkembangannya. Selain itu kekurangan fosfor menyebabkan pembelahan sel akan terhambat sehingga tanaman menjadi kerdil, biji tumbuh tidak sempurna, panen terlambat dan produksi rendah dengan mutu yang jelek. Unsur fosfor dapat menyebabkan populasi mikroorganisme menjadi sangat tinggi (*blooming*). Di tanah yang miskin unsur fosfor (P), pertumbuhan tanaman akan terganggu. Awalnya, tanaman bisa tumbuh cepat dengan daun yang lebat. Tetapi daun kemudian rontok dan tanaman meranggas.

Fosfor terdapat dalam bentuk *phitin*, *nuclein* dan *fosfatide* yang merupakan bagian dari protoplasma dan inti sel. Sebagai bagian dari inti sel sangat penting dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem, pertumbuhan jaringan muda dan akar, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, penyusun protein dan lemak.

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}. Sumber zat fosfat berada di dalam tanah sebagai fosfat mineral yang terdapat pada (1) batu kapur-fosfat, misalnya fosfat Cirebon fosfat, fosfat Muria, dan lain-lain), (2) dalam bentuk sisa-sisa tanaman dan bahan organis, (3) dalam bentuk pupuk buatan (superfosfat, doubel superfosfat, Cirebon fosfat, dan lain-lain).

Di dalam tanaman unsur Fosfor memegang peranan penting, antara lain :

a) Untuk pembentukan bunga dan buah,
b) Bahan pembentuk inti sel dan dinding sel.
c) Mendorong pertumbuhan akar muda dan pemasakan biji pembentukan klorofil.
d) Penting untuk enzim-enzim pernapasan, pembentukan klorofil.
e) Penting dalam cadangan dan transfer energi (ADP+ATP)

f) Komponen asam nukleat (DNA dan RNA).

Gejala Defisiensi Fosfor

Kekurangan fosfor dalam tanaman dapat menyebabkan hal-hal berikut, yaitu

a) Reduksi pertumbuhan, tanaman menjadi kerdil.
b) Warna hijau tua, bercak ungu pada daun jagung.
c) Menunda pemasakan pada buah dan biji.
d) Pembentukan biji gagal
e) Daun berubah menjadi hijau tua atau kelabu, perkembangan akar tidak bagus.



Gambar 4.7. Tanaman Jagung Kekurangan P

Bentuk Serapan Fosfor

Fosfor diserap tanam dalam bentuk ion-ion berikut (1) $H_2PO_4^-$ (orthophosphate primer, (2) $H_2PO_4^{2-}$ (orthophosphate sekunder).

Di dalam tanah unsur P memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

a) Unsur P bergerak lambat dalam tanah, pencucian bukan masalah, kecuali pada tanah yang berpasir.
b) Unsur P lebih banyak berada dalam bentuk anorganik dibandingkan organik
c) Di dalam tanah kandungan P total bisa tinggi tetapi hanya sedikit yang tersedia bagi tanaman.

d) Tanaman menyerap P tanah dalam jumlah lebih kecil dibandingkan N dan K

Penyebaran Fosfat anorganik dapat digunakan untuk mengukur tingkat hancuran iklim. Tanah yang belum mengalami tingkat hancuran iklim lanjut didominasi oleh

fraksi kalsium fosfat. Tanah yang sudah mengalami tingkat hancuran iklim lanjut didominasi oleh fraksi aluminium fosfat dan besi fosfat.

Pemberian pupuk fosfat berlebihan, pada tanah liat, maka pupuk P dapat berubah menjadi padat, sukar larut dan tidak tersedia bagi tanaman, dan membentuk fosfat aluminium dan fosfat besi.

Tanah-tanah muda didominasi olah kalsium fosfat, sedangkan tanah-tanah tua didominasi oleh Al dan Fe fosfat. Kelarutan Aluminium fosfat lebih besar dari fosfat besi, membuat tanah-tanah tua didominasi oleh fosfat besi.

Pada tanah berkapur, fosfat diendapkan pada permukaan $CaCO_3$, membentuk kalsium fosfat yang kurang larut. Sama halnya dengan Nitrogen, bagian terbesar fosfat didalam tanah terdapat dalam bentuk organis, fosfat didalam tanah sukar larut, sehingga sebagian terbesar tidak tersedia bagi tanaman.

Tersedianya fosfat sangat dipengaruhi oleh pH tanah, pada pH rendah ion fosfat membentuk senyawa yang tidak larut dengan Aluminium dan besi. Sedang pada pH tinggi fosfat terikat sebagai senyawa kalsium. pH optimum untuk fosfat adalah pada pH 6,5. Pemberian pupuk fosfat, tidak seluruhnya tersedia untuk tanaman, karena terikat pada partikel tanah. Agar tanaman dapat memperoleh fosfat sesuai kebutuhan, maka pemberian fosfat harus melampaui daya fiksasi tanah.

Mendekatnya suatu unsur hara dari larutan tanah ke permukaan akar dapat terjadi melalui tiga proses, yaitu (1) intersepsi akar atau dengan pertukaran kontak, (2) difusi ion-ion dalam larutan tanah, (3) gerakan ion-ion oleh gerakan masaa atau aliran massa.

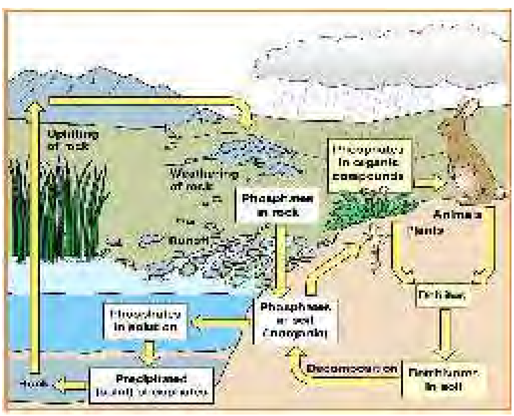
Ketiga proses tersebut merupakan proses metabolisme yang dilakukan tanaman secara langsung dan terus-menerus. Pergerakan ion fosfat pada umumnya disebabkan oleh proses difusi, tetapi jika kandungan P larutan

tanah cukup tinggi, maka proses aliran massa dapat berperanan dalam tranportasi tersebut. Ion yang sudah berada di permukaan akar akan menuju ronga luar akar melalui proses difusi sederhana, jerapan pertukaran, dan kegiatan bahan pembawa, selanjutnya ion memasuki rongga dalam akar dengan melibatkan energi metabolisme, yang dikenal sebagai serapan aktif.

Di alam, fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan lagi. Siklus ini berulang terus menerus.

Siklus Unsur Hara Fosfor (P)

Siklus fosfor, bersifat kritis karena fosfor secara umum merupakan hara yang terbatas dalam ekosistem. Tidak ada bentuk gas dari fosfor yang stabil, oleh karena itu siklus fosfor adalah “endogenik”. Dalam geosfer, fosfor terdapat dalam jumlah besar dalam mineral-mineral yang sedikit sekali larut seperti hidroksiapilit, garam kalsium.



Gambar 4.8. Siklus Unsur Hara P

Fosfor terlarut dari mineral-mineral fosfat dan sumber-sumber lainnya, seperti pupuk fosfat, diserap oleh tanaman dan tergabung dalam asam nukleat yang menyusun bahan genetis dalam organisme. Mineralisasi dari biomasa oleh pembusukan atau penguraian mikroba akan mengembalikan fosfor menjadi bentuk larutan garamnya yang kemudian dapat mengendap sebagai bahan mineral. Sejumlah besar dari mineral-mineral fosfat digunakan sebagai bahan pupuk, industri kimia. Fosfor merupakan salah satu komponen dari senyawa-senyawa sangat toksik, terutama insektisida organofosfat.

Unsur Hara Kalium (K)

Kalium sangat penting dalam proses metabolisme tanaman, kalium juga penting di dalam proses fotosintesis. Bila Kalium kurang pada daun, maka kecepatan asimilasi CO_2 akan menurun.

Di dalam tanaman kalium berfungsi untuk (1) membantu pembentukan protein dan Karbohidrat, (2) mengeraskan jerami dan bagian kayu tanaman, (3) meningkatkan resisten terhadap penyakit, (4) meningkatkan kualitas biji atau buah.

Unsur K adalah unsur hara makro kedua setelah N yang paling banyak diserap tanaman, tetapi untuk tembakau, jerami padi dan jagung, buah apel, jeruk dan tomat, umbi lobak dan kentang, serta batang tebu merupakan unsur hara terbanyak.

Kerak bumi mengandung kalium rata-rata 2.6%, sedangkan bahan induk tanah-tanah mudah umumnya mengandung 2-2.5% K atau 40-50 ton K/ha. 95-99% K terdapat pada kisi-kisi tiga jenis mineral utama, yaitu feldspar yang paling lambat lapuk, lalu mika relatif sedang dan liat yang relatif mudah lapuk.

Pelapukan bebatuan terjadi akibat adanya pengaruh peristiwa fisik, seperti hantaman air hujan/angin, goncangan dan benturan yang memperluas permukaan terlapukkan, kemudian melalui proses pergantian bahas-kering dan panas-dingin yang meransang terjadinya perubahan struktur fisik-

kimiawi, di mulai dari permukaan terluar ke arah dalam struktur menyebabkan terjadiya pelepasan ion-ion baik secara lansung atau lewat pertukaran ion pada kisi-kisi struktur koloidal, menghasilkan berbagai mineral tanah. Mika yang mengalami pelapukan secarah perlahan akan berubah menjadi verrmikulit yang lebih cepat lapuk akan melepaskan ion-ion K kedalam larutan tanah. Kadar K dalam larutan tanah ini sebagian di serap tanaman/mikrobia, sebagian akan terikat secara lemah pada muatan pertukaran koloidal tanah (fraksi liat tanah atau bahan organik) (K-tertukar). Kalium tertukar ini kemudian dapat lepas ke larutan tanah atau terikat lebih kuat (K-terfiksasi) pada permukaan dalam koloidal tanah.

Unsur hara kalium diambil tanaman dalam bentuk ion K^+. Senyawa K hasil pelapukan mineral di dalam tanah dijumpai dalam jumlah yang bervariasi tergantung jenis bahan induk pembentuk tanah, tetapi karena unsur ini mempunyai ukuran bentuk terhidrasi yang relatif besar dan bervalensi 1, maka unsur ini tidak kuat dijerap muatan permukaan koloid, sehingga mudah mengalami pencucian (*leaching*) dari tanah.

Unsur ini di berada di tanah dalam bentuk pupuk garam-garam larut air, seperti KCl (*silvit*), $KNaCl_2$ (*silvinit*), $MgSO_4KCl.3H_2O$ (*kainit*), $K_2SO_4.2MgSO_4$ (*langbenit*), K_2SO_4 dan KNO_3. Ketersediaan Kalium dalam tanah di pengaruhi oleh beberapa faktor seperti, (1) Jenis koloid tanah, (2) Suhu tanah, (3) kondisi basah dan kering dalam tanah, (4) pH tanah dan (5) tingkat pelapukan tanah.

Peranan Unsur Kalium dalam Tanaman

Tanaman menyerap ion K^+ hasil pelapukan, pelepasan dari situs pertukaran kation tanah dan dekomposisi bahan organik yang terlarut dalam larutan tanah. Kadar kalium tertukar tanah biasanya sekitar 0.5 – 0.6% dari total kalium tanah.

Unsur K rata-rata menyusun 0.1% bagian tanaman, unsur ini berperan berbeda dibanding N,S dan P karena sedikit berfungsi sebagai penyusun komponen tanaman, seperti protoplasma, lemak, dan selulosa, tetapi terutama berfungsi dalam pengaturan mekanisme (*bersifat katalisatik atau*

katalisator) seperti fotosintesis, translokasi karbohidrat, sistensi protein dan lain-lain.

Secara fisiologis, unsur ini berfungsi dalam:

a) Metabolisme karbohidrat seperti pada pembentukan, pemecahan dan trans-lokasi pati.
b) Metablisme nitrogen dan sintesis protein.
c) Pengaturan pemamfaatan berbagai unsur hara utama.
d) Netralisis asam-asam organik penting.
e) Aktivasi berbagai enzim.
f) Percepatan pertumbuhan dan perkembangan jaringan meristem (pucuk, tunas) dan
g) Pengaturan buka tutup stomata dan hal-hal yang terkait dengan penggunaan air.

Tanaman yang mengalami defisiensi unsur K memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

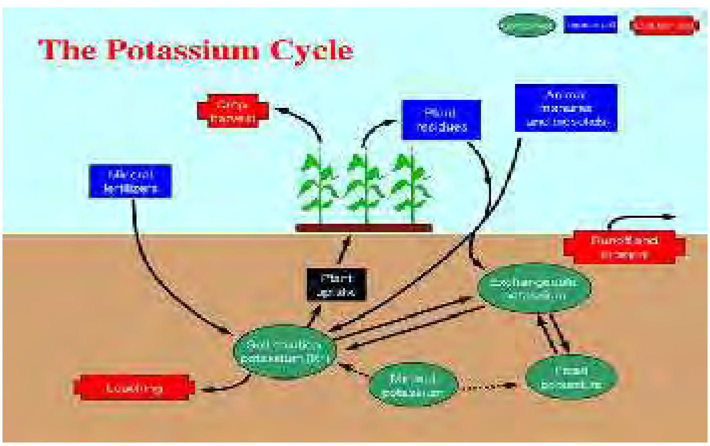
a) Melemahnya tugor batang, sehingga mudah patah atau tanaman mudah rebah.
b) Kerentangan terhadap serangan penyakit seperti powdery-mildew pada tanaman gandum, busuk akar dan *winter-killed* pada alfalfa.
c) Rendahnya kualitas produk bebuahan dan sesayuran.
d) Secara fisiologis menyebabkan terganggunaya aktifitas *enzim invertase, diastase, pertase,* dan *katalase* pada tebu, dan *pirufit kinase* pada benerapa tanaman lain.
e) Proses fotosintesis terhambat tetapi respirari meningkat, sehingga menghambat transportasi karbohidrat (seperti gula pada tebuh) dan secara keseluruhan menghambat pertumbuhan.
f) Terhambatnya sistensi protein pada tebu okibat terakumulasinya N-non protein di dedaunan.
g) Pada berley, terjadi akumulasi asam amino bebas di dedaunan dan menurunnya asam-asam amino bebas di banding kadar amida, dan

h) Pada rerumputan terjadi penurunan produksi N-amida dan konversinya menjadi protein.



Gambar 4.9. Tanaman Jagung mengalami kekurangan Kalium

Salah satu fungsi spesifik Kalium adalah sebagai penyeimbang atau penetral efek kelebihan N yang menyebabkan tanaman menjadi sekulen (awet muda) sehingga lebih mudah terserang hama penyakit, rapuh dan mudah rontok bunga, buah, daun, dan cabang. Hal ini karenah unsur K berfungsi meningkatkan sistensi dan traslokasi karbohidrat, sehingga mempercepat penebalan dinding-dinding sel dan ketegaran tangkai, bunga dan cabang.



Gambar 4.10 Siklus Unsur Kalium

Penyerapan Kalium (K)

Elemen ini diserap dalam semua proses metabolisme tanaman, mulai dari proses penyerapan air, transpirasi, fotosintesis, respirasi, sintesa enzim dan aktifitas enzim. Esensi unsur K adalah sebagai berikut: Unsur kalium merupakan elemen yang higrokopis (mudah menyerap air) ini menyebabkan air banyak diserap di dalam stomata, tekanan osmotik naik, stomata membuka sehingga gas CO_2 dapat masuk untuk proses fotosintesis dan K berperan sebagai aktifitas untuk semua kerja enzim terutama pada sintesa protein.

Ion Kalium mempunyai fungsi psikologis pada asimilasi CO_2. Bila tanaman sama sekali tidak diberi kalium, maka asimilasi akan terhenti. Oleh sebab itu pada tanaman yang banyak menghasilkan hasil asimilasi seperti kentang, ubi kayu, tebu, dan nenas, akan banyak memerlukan kalium (K_2O) didalam tanah. Kalium berfungsi pula pada pembelahan sel dan pada sintesa putih telur. Pada saat terjadi pembentukan bunga atau buah maka kalium akan cepat ditarik, oleh sebab itu Kalium mudah bergerak.

Fungsi lain dari Kalium adalah pada pembentukan jaringan penguat. Perkembangan jaringan penguat pada tangkai daun dan buah yang kurang baik, sering menyebabkan cepat jatuhnya daun dan buah, pembentukan pati, megaktifkan enzim, pembukaan stomata, proses fisiologis dalam tanaman, membantu proses metabolik dalam sel, serta daun-daun pada teh dan tangkai buah kelapa bila kekurangan Kalium akan terkulai dan buahnya cepat jatuh.

Tanaman yang kekurangan Kalium akan cepat mengayu atau menggabus, hal ini disebabkan kadar air yang lebih rendah. Hal ini karena, kalium berpengaruh baik pada pembentukan serat-serat seperti pada rosela, kapas dan rami dinding-dinding sel lebih baik keadaannya dan lebih baik kandungan airnya, sel-sel ini tumbuh lebih baik, lebih kuat dan lebih panjang.

Unsur Hara Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg)

Siklus dan prinsip ketersediaan Ca dan Mg mirip dengan kalium, perbedaanya hanya terletak pada fiksasi. Karena kedua unsur ini tersedia dalam bentuk kation bervalensi dua, maka fiksasi kedua unsur ini lebih lemah dibanding kalium, sehingga bentuk utamanya adalah kation terlarut, kation tertukar dalam mineral tanah.

Ketersediaan Calsium dan Magnesium

Mineral sumber kalsium meliputi felspar, apatit, kalsit, dolomit, gibsum dan amphibol, sedangkan mineral Magnesium meliputi biotit, dolomit, augit, sepentin, hornblend, dan olivin. Kedua unsur ini merupakan kation penyusun kalsit ($CaCO_3$) dan dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) yang terkait dengan upaya pengapuran tanah masam.

Ketersedian Ca dan Mg terkait dengan kapasitas tukar kation (KTK) dan persen kejenuhan basa (Ca, Mg, K, dan Na). Kejenuhan basa yang rendah mencerminkan ketersedian Ca dan Mg yang rendah. Jika dibandingkan, ketersediaan Mg pada situs pertukaran kation lebih lemah di banding Ca, sehingga umumnya kadar Ca tanah umumnya selalu lebih tinggi di banding Mg. Oleh karena itu, kehilanga lewat pelidihan dan defisiensi Mg lebih sering menjadi masalah. Hal ini terkait dengan lebih besarnya BA (besar atom) Ca (=40) dibanding Mg (=24).

Fungsi Kalsium dan Magnesium pada Tanaman

Kalsium di ambil tanaman dalam bentuk Ca^{2+}, berperan sebagai komponen dinding sel. Kalsium rata-rata menyusun 0.5% tubuh tanaman, banyak terdapat dalam daun.

Adapun peranan unsur Ca bagi tanaman adalah sebagai berikut:

a) Mempertahankan integrasi sel-sel.
b) Memperrtahankan permeabilitas membran
c) Pembentukan dan peningkatan kandungan protein dalam mitokondria
d) Menghambat pengguguran atau penuaan daun

Peranan unsur Kalsium dalam tanaman adalah :

a) Meransang penyerbukan dan pertumbuhan tanaman
b) Mengaktifkan sejumlah enzim yang berfungsi dalam mitosis, divisi dan elogasi sel.
c) Dalam pembelahan sel ini, Kalisum berperan secara spesifik pada organisasi benang kromatin atau spidle.
d) Berperan lasung sebagai peantapan dan sebagai penyusu kromosom
e) Sistensi protein dan transfer karbohidrat, serta
f) Detosifikasi logan-logan berat bagi tanaman

Peran dan Fungsi Fisiologis Mg

Magnesium diserap tanaman dalam bentuk Mg $^{2+}$, terutama berperan sebagai penyusun klorofil, tanpa klorofil fotositesis tanaman tidak akan berlansung, dan sebagi aktivator enzim.

Defisiensi Magnesium ditandai gejala klorosis di antara tulang daun yang tua, sedangkan daunnya tetap hijau, kemudian menguning atau ungu kemerahan (pada kapas), dan akhirnya menjadi coklat dan netrotik.

Unsur Magnesium dibutuhkan tanaman dalam:

a) Ektifitas enzim yang berperan dalam metabolisme karbohidrat, terutama dalam siklus asam sitrat yang berperan vital dalam respirasi sel.
b) Metabolisme sebagai katalisator pada reaksi fosforilasinya
c) Proses forforilasi lain, yaitu sebagai pembentuk jembatan antara struktur pirofosfat ATP/ADP dengan molekul enzim, sehingga terlibat dalam proses transfer energi pada fotosintesis, glikolisis, siklus asam trikaboksilat dan respirasi.
d) Berperan sebagai seluruh proses metabolisme lain
e) Sistesis protein, sehigga jika defisit Mg terjadi penurunan kadar N-protein dan peningkatan kadar N-non protein yang mencerminkan terhambatnya sintesis protein.

f) Unsur Mg juga berfungsi mempertahankan pertikel-pertikel ribosom dalam suatu bentuk yang di perlukan dalam sinesis protein, serta
g) Mengaktifkan tranfer asam-asam amino dari t-RNA menjadi rantai-rantai polipeftida.

Penyerapan kalsium (Ca)

Elemen ini diserap dalam bentuk Ca. Sebagaian basar terdapat dalam daun dan batang dalam bentuk kalsium pektat yaitu dalam lamella pada dinding sel yang menyebabkan tanaman menpunyai dinding sel yang lebih tebal sehingga tahan serangan hama dan penyakit. Fungsi fisiologis kalsium yang sangat penting dalam tanaman adalah dalam hubungan dengan sintesa protein yang dibutuhkan untuk pembelahan dan pembesaran sel-sel tanaman disamping dapat menetralkan asam - asam organik yang dihasilkan pada proses metabolisme tanaman sehingga tanaman terhindar dari keracunan.

Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Ca+. Kosentrasi Ca di dalam jaringan tanaman nornal berkisar 0.1-5.0% berat kering. Kalsium diserap tanaman secara pasif yaitu bergerak bersama-sama aliran massa air akibat adanya tranpirasi, sehingga banyaknya kalsium yang bergerak tergantung pada aliran tranpirasi.

Ujung akar adalah satu-satunya bagian akar yang mampu melakukan penyerapan kalsium. Penyerapan Kalsium oleh akar dapat dihambat oleh kation-kation lain yang bervalensi satu seperti K+. Tanaman monokotil mengandung Ca lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman dikotil. Khusus kacang tanah, Ca dapat langsung diserap oleh kulit polong dan menumpuk pada lapisan luar polong. Tranlokasi Ca di dalam tubuh tanaman berjalan sangat sulit karena Ca tidak mobil, sehingga konsentrasi Ca dalam pholem sangat rendah.

Gejala–gejala yang terjadi jika tanaman kekurangan Ca adalah tunas dan akar tidak dapat tumbuh (pembelahan sel terhambat), dan sering berubah menjadi kecok-latan dan penggulungan daun pada ujung daun.



Gambar 4.11 Tanaman Kekurangan Unsur Kalsium

Penyerapan Magnesium (Mg)

Magnesium diserap tanaman dalam bentuk Mg2+. Peranan utama magnesium adalah merupakan bagian dari klorofil sehingga berhubungan langsung dengan proses penting fotosintesis, jika tanpa klorofil tanaman tidak dapat berlangsung hidup dengan sempurna dan merupakan malapetaka karena tidak menghasilkan asimilat untuk pertumbuhan tanaman lebih lanjut, menjadi pengikat antara enzim dan substrat sehingga kerja enzim bisa berjalan normal.

Menurut Mengel dan Kirkby (1987) mengatakan magnesium sebagai jembatan antara pirofosfat dan ATP ataupun ADP dari molekul enzim. Kadar magnesium pada jaringan tanaman sekitar 0.5% relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar Kalium dan Kalsium. Makin tinggi penyerapan K, makin rendah penyerapan Mg, jadi bersifat antagonistis dengan K. Magnesium bersifat mobile di dalam tanaman, sehingga dengan cepat ditranlokasikan dari daun tua menuju daun muda atau pucuk tanaman yang mengalami defisiensi Mg.



Gambar 4.12. Tanaman Kekurangan Magnesium

Gejala kekurangan Magnesium bagi tanaman antara lain, daun menguning karena pembentukan klorofil terganggu, terdapat garis kuning pada daun, serta pada daun muda mengeluarkan lendir, klorosis, daun menjadi kecil dan rapuh, pinggiran daun menggulung.

Unsur Hara Belerang (S)

Sulfur terdapat dalam bentuk sulfur anorganik, sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan kadang-kadang terdapat dalam bentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida.

Tumbuhan menyerap sulfur dalam bentuk sulfat (SO_4). Perpindahan sulfat terjadi melalui proses rantai makanan, lalu semua mahluk hidup mati dan akan diuraikan komponen organiknya oleh bakteri. Beberapa jenis bakteri terlibat dalam daur sulfur, antara lain *Desulfomaculum* dan *Desulfibrio* yang akan mereduksi sulfat menjadi sulfide dalam bentuk hydrogen sulfide (H_2S) kemudian H_2S digunakan bakteri fotoautotrof anaerob seperti Chromatium dan melepaskan sulfur dan oksigen. Sulfur dioksida menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrop seperti Thiobacillus.

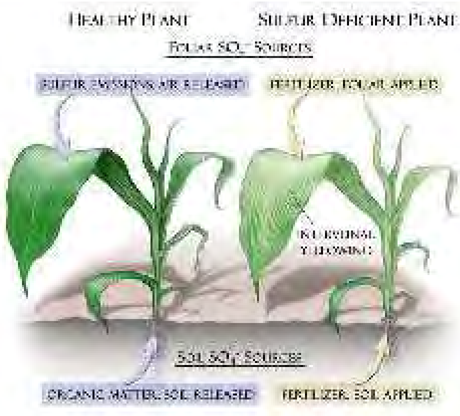
Belerang atau sulfur merupakan unsur penyusun protein. Tumbuhan mendapat sulfur dari dalam tanah dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}). Kemudian

tumbuhan tersebut dimakan hewan sehingga sulfur berpindah ke hewan. Lalu hewan dan tumbuhan mati diuraikan menjadi gas H_2S atau menjadi sulfat lagi. Secara alami, belerang terkandung dalam tanah dalam bentuk mineral tanah. Ada juga yang gunung berapi dan sisa pembakaran minyak bumi dan batubara.

Fungsi Sulfur dalam tanaman

Dalam kehidupan, sulfur atau belerang berperan dalam:

a) Menstabilkan struktur protein. Ikatan sulfida sangat penting artinya untuk membentuk protein stabil.
b) Berperan dalam mengaktifkan enzim, karena berbagai enzim membutuhkan gugus sulfurhidril (-SH) yang bebas, untuk melakukan aktivasinya. Dengan demikian sulfur berperan dalam proses oksidasi-reduksi atau pernafasan jaringan.
c) Berperan dalam metabolisme energi dengan cara membentuk senyawa dengan koenzim A.
d) Membantu pembentukan butir hijau daun sehingga daun menjadi lebi h hijau
e) Menambah kandungan protein dan vitamin hasil panen.
f) Meningakatkan jumlah anakan yang di hasilkan (pada tanaman padi).
g) Berperan penting pada proses pembulatan zat gula.
h) Memperbaiki warna,aroma, dan kelenturan daun tembakau
i) Memperbaiki aroma, mengurangi penyusutan selama penyimpanan, memperbesar umbi dan bawang merah
j) Sulfur sangat berperan dalam pembentukan klorofil dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan jamur.
k) Sulfur juga membentuk senyawa minyak yang menghasilkan aroma seperti pada jenis bawang dan cabe.
l) Pada tanaman kacang sulfur merangsang pembentukan bintil akar didalam tanah, sulfur berperan untuk menurunkan PH tanah alkali.



Gambar 4.13. Tanaman kekurangan unsur Sulfur

Sumber dan Ketersediaan

Unsur sulfur (belerang) merupakan unsur hara makro esensial yang di serap tanaman dalam jumah yang hampir sama dengan unsur P (0.1-0.3%). Unsur ini diambil tanaman dalam betuk SO_4^{2+} dan sedikit dalam bentuk gas belerang (SO_2) diserap melalui daun pada admosfer. Bentuk kedua ini jika dalam jumlah yang sedikit derlebihan akan menjadi racun bagi tanaman.

Sumber S bagi tanaman berasal dari pelapukan mineral tanah, gas belerang atmosfer dan dekomposisi bahan organik. Ketersediaan unsur S identik dengan kalium, yaitu menurun pada pH dibawah 6 dan tinggi pada pH 6 ke atas, terkait dengan menurunnya pH, terutama pada tanah-tanah berliat.



Gambar 4.14. Siklus unsur Belerang

Unsur Hara Mikro

Unsur hara mikro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil antara lain Besi(Fe), Mangan(Mn), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Molibden (Mo), Boron (B), Klor(Cl).

Unsur-unsur hara mikro merupakan unsur-unsur hara yang sama pentingnya dengan unsur-unsur hara makro bagi tanaman, walaupun dalam hal ini kebutuhannya hanya sedikit. Unsur hara mikro biasa juga disebut unsure hara minor atau trace element. Kalau terdapat dalam jumlah yang berlebihan dapat menjadi racun bagi tanaman.

Unsur mikro berasal dari (1) mineral-mineral dalam bahan induk tanah, (2) bahan organic.

Tanah yang biasanya mengalami kekurangan unsur mikro, (1) tanah pasir (karena proses pencucian), (2) tanah organik (tanah gambut), (3) tanah dengan pH sangat tinggi, (5) tanah yang ditanami sangat intensif, dan hanya dipupuk dengan unsur makro.

Faktor penentu tersedianya unsur mikro dalam tanah adalah:

a) pH. pH rendah unsur mikro larut kecuali Mo, dapat menjadi racun.
b) Drainase. Dalam keadaan reduksi (Fe^{++}, Mn^{++}) lebih mudah larut, dalam keadaan oksidasi, unsur-unsur tersebut sukar larut.
c) Jerapan liat. Unsur mikro banyak terdapat pada komplek jerapan, mudah diserap tanaman. Sedangkan unsur mikro yang berada dalam komplek organik, sukar larut (Cu dan Zn).

Unsur Hara Mikro Besi (Fe)

Unsur hara mikro besi (Fe) adalah unsur hara yang penting bagi pembentukan hijau daun (khlorofil), pembentukan zat karbohidrat, lemak, protein dan enzim.

Besi juga merupakan salah satu unsur yang diperlukan pada pembentukan enzim-enzim pernapasan yang mengoksidasikan hidrat arang menjadi gas asam arang dan air. Besi didalam tanaman kurang bergerak, oleh karena itu bila kekurangan besi maka akan segera tampak gejala-gejala pada bagian

tanaman yang masih muda. Jadi jika terjadi kekurangan zat besi akan menghambat pertumbuhan khlorofil. Tanah yang banyak mengandung zat besi yaitu khlorit dan biotit. Jika dalam tanaman terjadi kekurangan Mn dan K atau kelebihan sulfat akan mengakibatkan pergerakan Fero terhambat dan Fero tidak sampai ke daun meskipun pengambilan Fe dalam tanah berlangsung terus. Jadi kalau Fe defisiensi maka proses fotosintesis juga terhambat maka produksi pun terhambat (dalam pembentukan klorofil), terjadinya kenaikan kadar asam amino pada daun dan penurunan jumlah ribosom secara drastis serta terjadi penurunan kadar pigmen dan protein.

Gejala kekurangan Fe ditandai dengan warna kuning pada daun muda, pertumbuhan tanaman terhambat, daun berguguran mati pucuk, tulang daun yang berwarna hijau berubah kekuningan, kemudian memutih, pertumbuhan tanaman seolah terhenti.



Gambar 4.15. Gejala Kekurangan Unsur Besi

Unsur besi (Fe) terdapat dalam enzim berupa enzyme (1) Catalase, (2) Peroksidase, (3) Prinodic hidrogenase, (4) Cytochrom oxidase.

Unsur Hara Mikro Mangan (Mn)

Mangan diserap tanaman dalam bentuk Mn^{++}, dengan tidak adanya unsur Mn maka tanaman tidak bisa hidup, bila kekurangan Mn tanaman akan menjadi klorotis, hijau daun tidak terbentuk. Mn berpengaruh pula terhadap proses desimilasi yaitu pernafasan. Enzim-enzim yang mengatur proses ini mengandung Mn.

Mangan diperlukan juga oleh tanaman untuk pembentukan zat protein dan vitamin, terutama vitamin C. Selain itu, Mn penting untuk dapat mempertahankan kondisi hijau daun pada daun yang tua. Fungsi Mangan yaitu sebagai enzim feroksidase dan sebagai aktifator macam-macam enzim. Diduga Mn ini berhu-bungan erat dengan reaksi Deoksidase dan Dehidroginase.
Tanah yang kekurangan unsur Mn dapat diatasi dengan nemberikan 1% $MnSO_4 . H_2O$. Pemberian Mn dalam bentuk larutan dapat langsung diisap oleh tanaman.
Tersedianya Mangan bagi tanaman tergantung pada pH tanah. Dimana pada pH rendah Mangan akan banyak tersedia. Penyemprotan $MnSO_4$ melalui daun akan lebih efektif daripada melalui tanah, karena Mn^{2+} pada tanah akan cepat direduksi. Kelebihan Mn bisa dikurangi dengan jalan menambah zat fosfor dan kapur.
Gejala kekurangan unsur mangan ditandai dengan pertumbuhan tanaman kerdil, daun berwarna kekuningan atau kemerahan, jaringan daun di beberapa tempat mati serta biji yang terbentuk tidak sempurna.
Kekurangan unsur Mn pada tanaman berdaun lebar terjadi klorosis diantara tulang daun (*interveinal chlorosis*) mirip dengan kekurangan Fe, tapi lebih banyak menyebar sampai ke daun yang lebih tua. Pada tanaman serealia timbul bercak-bercak warna keabu-abuan sampai kecoklatan dan garis-garis pada bagian tengah dan pangkal daun muda. Identifikasi gejala kekurangan mangan bersifat relatif, seringkali defisiensi satu unsur hara bersamaan dengan kelebihan unsur hara lainnya. Di lapangan tidak mudah membedakan

gejala-gejala kekurangan. Tidak jarang gangguan hama dan penyakit menyerupai gejala kekurangan unsur hara mikro lainnya. Gejala dapat terjadi karena berbagai macam sebab. Gejala dari defisiensi mangan memperlihatkan bintik nekrotik pada daun. Mobilitas dari mangan adalah kompleks dan tergantung pada spesies dan umur tumbuhan sehingga awal gejalanya dapat terlihat pada daun muda atau daun yang lebih tua. Kekurangan mangan ditandai dengan menguningnya bagian daun di antara tulang daun. Sedangkan tulang daun sendiri tetap berwarna hijau.



Gambar 4.16 Gejala Kekurangan Mn pada Daun Kacang-kacangan

Unsur Hara Seng (Zn)

Unsur seng berfungsi untuk mengaktifkan enzim anolase, aldolase, asam oksalat, dekarboksilase, lesitimase, sistein desulfihidrase, histidin deaminase, super okside demutase, dehidrogenase, karbon anhidrase, proteinase dan peptidase. Unsur seng juga berperan dalam biosintesis auksin, pemanjangan sel dan ruas batang.

Dalam keadaan yang sangat sedikit Zn telah dapat memberikan dorongan terhadap perkembangan-perkembangan, kelebihan sedikit saja dari

ketentuan penggunaannya akan merupakan racun. Diperkirakan bahwa persenyawaan Zn dalam dalam tanaman berfungsi dalam pembentukan hormone (auxin) yang penting bagi keseimbangan fisiologis.

Gejala kekurangan seng ditandai dengan daun tua berwarna kekuningan atau kemerahan, daun berlubang, mengering dan akhirnya mati, pertumbuhan vegetatif terhambat, selain juga dapat menghambat pertumbuhan biji.

Zn dalam tanah terdapat berada dalam bentuk (1) Sulfida (ZnS) dan (2) Calamine ($ZnCO_3$). Kekurangan Zn sering terjadi pada daerah-daerah yang lembab serta pada tanah-tanah yang asam sampai sedikit netral.



Gambar 4.17. Tanaman Jagung Kekurangan Seng

Unsur Hara Boron (Bo)

Borium diserap oleh tanaman dalam bentuk BO_3^{2-} dan berperan dalam pemben-tukan atau pembiakan sel tanaman, terutama dalam titik tumbuh pucuk, juga dalam pertumbuhan tepung sari, bunga dan akar. Pada tanaman legume berperan dalam pembentukan bintil-bintil akar.

Unsur ini dapat memperbanyak cabang-cabang nodule untuk memberikan banyak bakteri dan mencegah bakteri parasit.

Kekurangan unsur ini dapat terhambatnya pertumbuhan kuncup dan pucuk tanaman dan akibatnya dapat mematikan (*die back*). Juga dalam pertumbuhan meristem pada pucuk tanaman dan akar terganggu, dapat

menyebabkan terjadinya kelainan-kelainan dalam pembentukan berkas pembuluh. Pengangkutan makanan hasil proses fotosintesa dari daun ke bagian-bagian tanaman akan terganggu, pembentukan tepung sari juga jelek, buah yang sedang berkembang sangat rentan, mudah terserang penyakit, Pada tanaman bercabang, ruas tanaman memendek, batang keropos, pembentukan cabang tumbuh sejajar berdampingan

Kekurangan boron banyak terjadi pada tanah pasir dan tanah-tanah yang kaya akan kapur. Di dalam tanah boron banyak terdapat dalam bentuk tourmaline, datolit ($Ca(OH)_2BoSiO_4$), dan Borax ($Na_2Bo_4O_2.1OH_2O$).



Gambar 4.18 Tongkol jagung yang kekurangan Boron



Gambar 4.19. Kekurangan Boron pada Daun Tomat

Unsur Hara Tembaga (Cu)

Unsur ini diserap dalam bentuk Cu^{2+}, jumlah unsur ini 2 - 20 ppm per gram berat kering tanaman. Peranan penting dari unsur mikro tembaga dalam tanaman adalah (1) tembaga terdapat dalam kloroplas sebagai penyusun plastosianin dan stabilisator klorofil sehingga berhubungan dengan proses fotosintesis, (2) dalam tubuh tanaman membentuk $Cu(OH)_2$ yang dapat berfungsi sebagai basa kuat untuk mematikan penyakit yang masuk ke dalam tubuh tanaman, (3) membentuk senyawa $(Cu(NH_3)_4)^{2+}$ untuk mencegah terlalu banyaknya NH_3 yang tertimbun di dalam tubuh tanaman, karena NH_3 yang berlebihan dalam tubuh tanaman akan bersifat racun.

Gejala kekurangan tembaga ditandai dengan daun berwarna hijau kebiru-biruan, ujung daun layu secara tidak merata, kadang terjadi klorosis meski jaringannya tidak mati, pertumbuhan tanaman kerdil dan gagal membentuk bunga.



Gambar 4.20. Tanaman Kekurangan Tembaga (Cu)

Unsur Hara Molibdenum (Mo)

Unsur molybdenum diserap dalam bentuk MoO_4^-. Peranan unsur molybdenum dalam tanaman adalah sebagai aktivator dan penyusun enzim sitrat reduktase yaitu enzim yang bekerja membantu perubahan ion NO_3^- menjadi NH_3 yang siap dipakai untuk pembentukan asam amino dan protein untuk pembelahan dan pembesaran sel.



Gambar 4.21. Gejala Kekurangan Mo pada Daun Tomat

Gejala kekurangan molibdenum ditandai dengan warna daun memudar, keriput, mengering, pertumbuhan tanaman seolah terhenti dan akhirnya mati. Cara penanganan kekurangan unsur mikro adalah dengan menambahkan pupuk organik yang tinggi, pemberian pupuk organik cair untuk pemupukan susulan serta penyemprotan pupuk daun dengan kandungan mikro lengkap.

Unsur Hara Khlor (Cl)

Klor adalah suatu unsur esensial mikro yang mempunyai fungsi cukup penting bagi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Walaupun kegunaan fisiologis dalam tanaman dari unsur C belum banyak diketahui orang. Hal ini disebabkan karena kurangnya penelitian tentang unsur ini, disamping kurangnya literatur yang menulis tentang Cl ini secara mendetail dan jelas. Perlu diingat bahwa Cl adalah salah satu unsur esensial mikro, sehingga walaupun diperlukan hanya dalam jumlah sedikit oleh tanaman tetapi unsur Cl mutlak diperlukan oleh tanaman karena (1) fungsi dan peranannya tidak dapat digantikan dengan unsur lain, (2) Fungsi dan

peranan biokimianya sangat khusus, (3) terlibat langsung dalam proses fisiologis tanaman.

Apa fungsi utama khlor bagi tanaman? khlor diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Cl^-, ion ini mempunyai fungsi fisiologis yang sangat penting dalam proses fotosintesis tanaman terutama pada fase terang. Apabila ion khlor ini tidak tersedia maka proses fotosintesis akan terhambat, otomatis pertumbuhan dan perkembangan tanamanpun akan terhambat.

Dalam proses fotosintesis fase terang, ion khlor berperan penting dalam transfer elektron didalam klorofil, sehingga terbentuk senyawa ATP berenergi tinggi dan senyawa inilah yang dipergunakan dalam fase gelap untuk pembentukan karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$). Jika ATP tidak terbentuk pada fase terang, otomatis pembentukan karbohidrat pada fotosintesis fase gelap akan terhambat.



Gambar 4.22. Tanaman Tomat Kekurangan unsur Khlor (Cl)

3. Refleksi

a. Tuliskan nama dan KD yang telah anda selesaikan pada lembar tersendiri

b. Tuliskan jawaban pada pertanyaan pada lembar refleksi!

c. Kumpulkan hasil refleksi pada guru anda

LEMBAR REFLEKSI

1. Bagaimana kesan anda setelah mengikuti pembelajaran ini?

....

....

....

2. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pembelajaran ini? Jika ada materi yang belum dikuasai tulis materi apa saja.

....

....

....

3. Manfaat apa yang anda peroleh setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

4. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pelajaran ini?

....

....

....

5. Tuliskan secara ringkas apa yang telah anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

....

....

....

4. Tugas

Mencari Informasi Peranan Unsur Hara dalam Tanaman

Tugas ini bisa dilakukan secara individual maupun kelompok. Pahami materi pada Kegiatan Belajar 4 tentang Siklus Unsur Hara dalam Tanaman. Tanyakan kepada guru, apabila ada hal-hal yang kurang dipahami. Cari informasi dari berbagai sumber informasi tentang Siklus Unsur Hara dalam Tanaman. Setelah didapatkan berbagai informasi tentang Siklus Unsur Hara dalam Tanaman, buat rangkuman dan laporan atau bisa dipresentasikan di depan kelas.

Dengan bimbingan guru, informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melengkapi informasi yang ada pada buku teks ini. Kemudian lakukan tugas yang ada pada Lembar Kerja Praktik berikut.

Lembar Kerja Praktik

Gejala Kekurangan Unsur Hara dalam Tanaman

Pendahuluan

Unsur hara sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk menunjang pertumbuhan dan produksi tanaman. Keberadaan unsur hara dalam tanah sangat terbatas, sehingga sering tanaman mengalami kekurangan. Kebutuhan tanaman akan unsur hara berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya, ada jenis tanaman yang rakus makanan dan adapula yang biasa saja. Jika unsur hara dalam tanah tidak tersedia maka pertumbuhan tanaman akan terhambat dan produksinya menurun. Petani tidak mungkin mengecek kandungan hara tanah setiap saat untuk mengetahui ketersediaan unsur hara, salah satu upayanya adalah dengan mengetahui gejala defisiensi unsur hara pada tanaman.

Tujuan

Praktik ini bertujuan agar peserta didik mampu mengenali gejala kekurangan unsur hara pada tanaman, bila disediakan lahan pertanaman yang dilengkapi dengan alat dan bahan yang digunakan.

Alat dan Bahan

Alat

- Gambar berbagai jenis tanaman yang kekurangan unsur hara.
- Kamera
- Buku catatan

Bahan

- Lahan pertanian yang ditanami tanaman tertentu, misalnya jagung.
- Green house tanaman tomat.

Cara Kerja

Praktikum 1. Mengamati Gejala Kekurangan Unsur Hara pada Tanaman

1. Siapkan lahan pertanaman atau green house yang akan diamati gejala kekurangan unsur haranya.
2. Pilih salah satu tanaman, dan amati gejala kekurangan unsur yang diperlihatkan.
3. Cocokkan dengan gambar atau foto, gejala kekurangan unsur hara.
4. Ambil gambar gejala kekurangan unsur hara pada tanaman tersebut dengan menggunakan kamera.
5. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di depan kelas.

Praktikum 2. Mengamaati Gejala Kekurangan Suatu Unsur Hara

Alat

- Polibag
- Cangkul kecil
- Media Tanam
- Green House

Bahan

- Benih atau bibit tanaman
- Pasir
- Bahan larutan unsur hara

- Aquadest
- Larutan yoshida

Cara Kerja

1. Buatlah stok larutan Yoshida dengan kompisi berikut, NH_4NO_3 = 22,868 g; NaH2PO4.HzO = 1,78 g; KCl =15,253 g; CaCl2 =11,098 g; MgSO4 =40,542 g; ZnSO4.5H2O = 3,772 g; (NH4)6Mo7O24.4H2O=0,608 mg; MnSO4.4H2O = 2,006 mg; H3BO3 = 1,1439 mg; CuSO4 =0,000255 mg dan masing-masing dilarutkan dalam 1 liter aquades,
2. Siapkan green house atau tempat penanaman
3. Siapkan polibag yang telah dilubangi bagian bawahnya, kemudian isi dengan pasir steril.
4. Siapkan larutan Yoshida yang diambil dari larutan stok, untuk perlakuan defisiensi dilakukan dengan mengurangi salah satu unsur hara yang akan diidentifikasi, sedangkan untuk perlakuan kelebihan dilakukan dengan menambah salah satu unsur yang diidentifikasi.
5. Siapkan bibit tanaman dan cuci akarnya sampai kotoran hilang.
6. Tanam bibit yang telah disiapkan kedalam polibag.
7. Berikan larutan nutrisi dengan melakukan metode tetes menggunakan botol infus.
8. Atur kecepatan tetesan agar tanaman tidak kekurangan maupun kelebihan.
9. Tes pH cairan nutrisi pada pH 4,5 pada sebelum diberikan pada tanaman.
10. Lakukan pemeliharaan dan pemberantasan hama penyakit yang mungkin menyerang.
11. Ambil gambar tanaman dan tunjukkan gejala kekurangan unsur hara pada tanaman tersebut dengan menggunakan kamera.
12. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di depan kelas.

5. Tes Formatif

a. Apa faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serta produksi suatu tanaman?

b. Apa yang dimaksud dengan unsur hara esensial bagi tanaman ?

c. Sebutkan jenis-jenis unsur hara makro dan mikro!

d. Berdasarkan lokasiasal dan ketersediaanya, unsur hara tanaman dibedakan menjadi 2 kelompok, jelaskan.

Kunci Jawaban Tes Formatif

a. Faktor utama yang mempengharuhi pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman ditentukan oleh dua faktor utama yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan.

b. Suatu unsur hara dapat disebut sebagai unsur esensial, jika memenuhi 3 kriteria, yaitu (1) unsur tersebut diperlukan tanaman selama siklus hidupnya untuk tumbuh secara normal, (2) unsur tersebut memegang peran yang penting dalam proses biokimia dalam tubuh tanaman, dan (3) peranannya tidak dapat digantikan secara keseluruhan oleh unsur lain.

c. Yang termasuk dalam unsur hara esensial makro adalah nitrogen (N), Fosfor (P), kalium (K), karbon (C), hydrogen (H), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), oksigen (O), Sedangkan unsur hara mikro meliputi tembaga (Cu), besi (Fe), Seng (Zn), boron (B), molibden (Mo), klor (Cl) dan mangan (Mn).

d. Berdasarkan tempat dan lokasi ketersediaan, unsur hara di bagi menjadi 3 kelompok, yaitu (1) yang berasal dari udara dan air tanah yaitu karbon, hidrogen, dan oksigen, dan (2) berasal dari tanah seperti, nitrogen, fosfor, kalium, sulfur, kalsium dan magnesium, (3) unsur mikro yang berasal dari tanah mencangkup besi, tembaga, mangan, seng, molibdenum, boron dan klor, unsur ini hanya sedikit dibutuhkan oleh tanaman namun sangat diperlukan.

C. Penilaian

Pada Kegiatan Pembelajaran 4 ini tentang Siklus Unsur Hara Tanaman, penilaian kompetensi peserta didik dilakukan terhadap komponen berikut, yaitu penilaian sikap, penilaian pengetahuan dan penilaian keterampilan.

1. Penilaian Sikap

Penilaian sikap terdiri dari Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti). Lembaran ini diisi oleh guru/peserta didik/teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk Penskoran :

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Skor perolehan}}{\text{skor tertinggi}} \text{ x } 4 = \text{skor akhir}$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 4 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} \text{ x } 4 = 2.8$$

Peserta didik memperoleh nilai :

Sangat Baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80 – 100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70 – 79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2.40 – 2,79 (60 – 69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang 2.40 (kurang dari 60%)

Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : ………………………………………………………………………..

Kelas : ………………………………………………………………………..

Tanggal Pengamatan : ………………………………………………………………………..

Materi Pokok : ………………………………………………………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan kegiatan pembelajaran				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil dan selesai mengerjakan sesuatu.				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

Sikap Sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : ………………………………………………………………………..

Kelas : ………………………………………………………………………..

Tanggal Pengamatan : ………………………………………………………………………..

Materi Pokok : ………………………………………………………………………..

No.	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Teliti dalam membaca buku teks				
2.	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3.	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4.	Teliti pada saat praktek				
5.	Teliti dalam membuat laporan/ presentasi				
Jumlah Skor					

2. Penilaian Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis.

Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai hasil tugas peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai nilai tugas yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut

No.	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
13)	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
14)	Hasil Pengumpulan informasi	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai
15)	Penyusunan Laporan	Tidak sesuai	Kurang sesuai	Hampir sesuai	Sesuai

16)	Presentasi	Tidak baik	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik

Nama Peserta Didik : ……………………………………………………………………………

Kelas : ……………………………………………………………………………

Tanggal Pengamatan : ……………………………………………………………………………

Materi Pokok : ……………………………………………………………………………

No	Aspek Pengamatan	Skor (S)				Nilai
		1	2	3	4	
1.	Pemahaman materi pada buku teks					
2.	Hasil Pengumpulan informasi					
3.	Penyusunan Laporan					
4.	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

Catatan :
Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah 3 x 4 = 12, sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16.

Penilaian Tes Tertulis

No	Soal Tes Tertulis	Kunci Jawaban	Skor
1.	Mengapa dalam penyediaan unsur hara dalam tanaman, misalnya antara unsur hara makro dan mikro jumlahnya harus	Dalam upaya memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman yang perlu diperhatikan adalah keseimbangan antara jumlah kebutuhan unsur hara makro	12.5

	seimbang ?	dan mikro, jika keseimbangan itu tidak terjadi maka akan penghambatan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman.	
2.	Apa fungsi unsur hara Nitrogen (N) bagi tanaman ?	Fungsi Nitrogen bagi tanaman adalah (1) meningkatkan pertumbuhan tanaman, (2) menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman warnanya lebih hijau, (3) meningkatkan kadar protein dalam tanaman, (4) meningkatkan berkembang-biaknya mikroorganisme di dalam tanah.	12.5
3.	Unsur hara nitrogen keter-sediaanya dalam tanah biasanya jumlahnya besar, mengapa dan jelaskan!	Udara merupakan sumber Nitrogen yang terbesar, akan tetapi pemanfaatannya bagi tanaman harus mengalami perubahan terlebih dahulu dalam bentuk amoniak, dan nitrat. Hal ini dapat dihasilkan oleh beberapa peristiwa berikut, yaitu (1) Terjadinya halilintar di udara ternyata dapat menghasilkan zat Nitrat, yang kemudian dibawa air hujan meresap ke bumi, (2) Bahan organis dalam bentuk sisa-sisa tanaman di alam terbuka (misalnya pupuk kandang), (3) Pabrik-pabrik pupuk buatan (seperti urea, ZA, dan lain-lain), (4) Oleh aktivitas bakteri-bakteri.	12.5
4.	Jelaskan komponen-komponen yang terlibat dalam siklus nitrogen di alam !	Komponen-komponen yang terlibat dalam siklus nitrogen di alam adalah (1) bakteri fiksasi nitrogen, (2) pengurai bahan organic, (3) bakteri nitrifikasi, (4) bakteri denirifikasi, (5) fiksasi N oleh	12.5

		energy tinggi, (6) proses haber bosch, (7) pencucian unsur hara	
5.	Jelaskan bentuk-bentuk unsur nitrogen yang tersedia dalam tanah !	Bentuk-bentuk unsur nitrogen yang tersedia dalam tanah dan dapat di manfaatkan oleh tanaman tinggkat tingggi adalah (1) Nitrogen nitrat (NO_3^-), (2) Nitrogen ammonia (NH_4^+), (3) Nitrogen molekuler (N_2) dan (4) Nitrogen organik.	12.5
6.	Jelaskan gejala kekurangan unsur hara mikro tembaga pada tanaman !	Gejala kekurangan tembaga ditandai dengan daun berwarna hijau kebiru-biruan, ujung daun layu secara tidak merata, kadang terjadi klorosis meski jaringannya tidak mati, pertumbuhan tanaman kerdil dan gagal membentuk bunga.	12.5
7.	Jelaskan cara mengatasi kekurangan unsur hara mikro pada tanaman !	Cara penanganan kekurangan unsur mikro ada beberapa hal, yaitu (1) menambahkan pupuk organik yang tinggi, (2) pemberian pupuk organik cair untuk pemupukan susulan, (3) penyemprotan pupuk daun dengan kandungan mikro lengkap.	12.5
8	Jelaskan peranan unsur hara Khlor dalam tanaman ?	Unsur khlor berperan penting dalam transfer elektron didalam klorofil, sehingga terbentuk senyawa ATP berenergi tinggi dan senyawa inilah yang dipergunakan dalam fase gelap untuk pembentukan karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$). Jika ATP tidak terben-tuk pada fase terang, otomatis pembentukan karbohidrat pada fotosintesis fase gelap akan terhambat.	12.5
		Skor Total	100

3. Keterampilan

Penilaian keterampilan terdiri dari: Penilaian Praktek pada saat melaksanakan Lembar Kerja.

Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai keterampilan peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai kemampuan yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

4 = dilaksanakan dengan cara yang benar, dan lancar

3 = dilaksanakan dengan cara yang benar, namun tidak lancar

2 = dilaksanakan, namun caranya salah

1 = tidak dilaksanakan

No	**Aspek yang dinilai**	**Skor**				**Nilai**
		1	**2**	**3**	**4**	
16.	Diisi oleh Guru.....					
17.						
18.						
19.						
20.						
dst.						

$$\text{Nilai tes pratek peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor Tertinggi}} \times 100$$

III. PENUTUP

Dengan telah selesainya Anda mempelajari seluruh materi dalam buku teks Pengelolaan Tanah Pertanian-1, berarti anda telah menguasai materi sebagai berikut :

1. Peranan Tanah Sebagai Sumberdaya Alam di Bidang Pertanian.
2. Proses-proses yang Terjadi dalam Tanah
3. Erosi Lahan Pertanian.
4. Siklus Unsur Hara Tanaman.

Tentunya pengetahuan Anda tentang Pengelolaan Tanah Pertanian tidak hanya seperti yang ada dalam buku ini, banyak lagi informasi dan pengetahuan yang harus Anda gali secara mandiri. Dengan bekal pengetahuan yang sudah Anda pelajari mudah-mudahan dapat Anda terapkan sebagai bentuk aplikasinya di sekolah Anda.

Untuk menambah khazanah dan pengetahuan Anda silahkan pelajari buku Pengelolaan Tanah Pertanian-2.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Lembaga Sumberdaya Informasi Institut Pertanian Bogor. IPB Press, Bogor.

Asdak Chay (1995). *Hidrologi dan Pengeloaan daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.

Bafdal, Nurpilihan, Edy Suryadi, Kharistya Amaru, dan Irfan Ardiansah, (2007). Penuntun Praktikum Teknik Pengawetan Tanah dan Air. Penerbit Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Pertanian Unpad.

Benami, A. dan A. Olfen, 1984. *Irrigation Engineering*. Penerbit Irrigation Engineering Scientific Publication (IESP) Haifa, Israil.

Brouwer, C., K. Prins, M.Kay, and M. Heibloem. 2007. *Irrigation Water Management: Irrigation Methods*. FAO Irrigation Training Manual Number 5 (on-line) http://www.fao.org Comprehensive manual Internet, Maret, 2008).

Buckman, H. O dan N. C Brady., 1982. Ilmu Tanah. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. Dasar Ilmu Tanah. Bhatara Karya, Jakarta.

Burt, C.M. and S.W. Styles. 1999. *Drip and Micro Irrigation for Trees, Vines, and Row Crops* (Internet, www.itrc.org , Maret 2007).

Charlotte Jhonson, (2008) Biology of Soil Science. Penertbit Oxford Book Company. India.

Darmawijaya, I. 1990. Klasifikasi Tanah, Dasar – dasar Teori Bagi Penelitian Tanah dan Pelaksanaan Penelitian. UGM Press, Yogyakarta.

Donahue, Miller dan Shickluma, 1983. *Soil An Introduction To Soil and Plant Growth*. Penerbit Prentice Hall Inc., New Jersey, USA.

Doorenbos J., A.H Kassam, (1979), Yield Respons to Water, FAO, Rome.

Hillel,D., (1983). Fundamental of Soil Physic.Academic Press.New York.

Hakim, N., M. Y., Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Diha, G. B. Hong, H. H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah Ultisol. Universitas Lampung, Lampung.

Hanafiah, K. A., 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Penerbit PT Raja Grafindo Persada Jakarta.

Hanson, B. 1996. *Fertilizing Row Crops with Drip Irrigation* (Internet,

http://wwwgreenmediaonline.com/ij/1996/1296/1296drip.html. Juli 2008)

Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.

Kartasaputra, A. G., Mul Mulyani Sutedjo, 1994. *Konservasi Tanah dan Air*. Penerbi Bumi Aksara, Jakarta.

Kaslim, D. Kusnadi, Budi Indra Setiawan, Asep Sapei, Prastowo dan Erizal, (2006). Teknik Irigasi dan Drainase. Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Kodoatie, R.J. dan Roestam Sjarief. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.

Kurnia, U., A. Rachman. dan A. Daraih. 2004. Konservasi Tanah Pada Lahan Kering Berlereng. Pusat nelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat BPPP Departemen Pertanian, Jakarta.

Laycock, Andrian, (2007). Irrigation System Design, Planning and Construction. CABI Head Office Nosworthy Way Wallingford, Oxfordshire . UK.

Mawardi, Erman, (2010). Desain Hidraulik Bangunan Irigasi. Penerbit Alfabeta Bandung.

Papadopol, C. S., 1990. *Irrigation Rate Calculation for Nursery Crops* (internet, www.irrigation.org. Juni 2007).

Raes, D. , Herman L. , Paul V. A. Matman dan V.B Martin. 1987. Irrigation Schedulling Information Sistem. Katholike Universiteit Leuven .

Sanchez, P., (1992). Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika. Penerbit ITB. Bandung.

Sarief, E. S. 1989. Fisika Kimia Tanah Ultisol Pertanian. Pustaka Buana, Bandung.

Sastrodarsono Suyono dan Kensaku Takeda, (1999), *Hidrologi untuk Pengairan*. Penerbit Erlangga Jakarta.

Savva, Andreas P. and Karen Frenken, (2002). Crop Water Requirements and Irrigation Scheduling. Water Resources Development and Management Officers FAO Sub-Regional Office for East and Southern Africa. Harare.

Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter. The Next 75 Year. Soil Science.

Setiawan, A. I. 2003. Penghijauan Lahan Kritis. Penebar Swadaya, Jakarta.

Shock, C., 2006. *Drip Irrigation: An Introduction*. (Internet, Juni 2008). http://www.cropinfo.net

Soetjipto . 1992 *. Dasar-Dasar Irigasi* . Penerbit Erlangga Jakarta.

Suripin, 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sutanto. 2002. Ilmu Tanah. Kanisius, Jakarta.

Withers B., dan Stanley Vipond, 1985. *Irrigation Practice*. Penerbit Basford Academic and Educational Limited London.

Puja, I Nyoman, (2008). Penuntun Praktikum Fisika Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana Denpasar.